

# VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 189

EKOTOXIKOLOGISTEN TESTIMENETELMIEN  
KÄYTTÖ VESITUTKIMUKSISSA

Projektin loppuraportti



~~4.1~~

V E S I - J A Y M P Ä R I S T Ö H A L L I T U K S E N  
M O N I S T E S A R J A

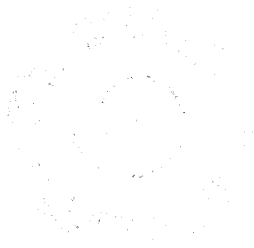
Nro 189

EKOTOKSIKOLOGISTEN TESTIMENETELMIEN  
KÄYTTÖ VESITUTKIMUKSISSA

Projektin loppuraportti

Marja Ruoppa  
Juhani Itkonen  
Jukka Matinvesi  
Veijo Miettinen  
Heikki Penttinen  
Heidi Vuoristo

Vesi- ja ympäristöhallitus  
Helsinki 1989



Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa vesien- ja ympäristönsuojelutoimistosta

ISBN 951-47-2428-3

ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo,  
Helsinki 1989

Julkaisija

\* Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämääräTekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

\* Ruoppa Marja

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)\* Ekotoksikologisten testimenetelmien käyttö vesitutkimuksissa  
Användning av ekotoksikologiska testmetoder i vattenundersökningarJulkaisun lajiToimeksiantajaToimielimen asettamispvm

\* Projektin loppuraportti

Julkaisun osat

\*

Tiivistelmä

\* Vesi- ja ympäristöhallitus asetti 21.8.1986 projektiryhmän selvittämään vesistöjen myrkkynuorman merkitystä ja edistämään myrkyllisyystestien käyttöä. Projektiryhmä otti ensisijaiseksi tavoitteekseen edistää myrkyllisyystestien käyttöä vesiensuojelua koskevassa päätöksenteossa. Tätä tavoitetta varten koottiin keskeisiä perustietoja myrkyllisyydestä ja sen testauksesta maassamme, selvitettiin myrkyllisyystestaustilannetta eräissä muissa maissa ja arvioitiin myrkkynuormituksen suuruutta.

Keräämänsä aineiston perusteella esitetään suosituksia eräiksi hallinnollisiksi toimenpiteiksi ja myrkyllisyystutkimusten suuntaamiseksi.

Nykyisin ei veden kemiallisen laadun eikä aineiden esiintymisen seuranta voida pitää riittävinä selvitettäessä kemikaali- ja jätevesikuormitusta sekä kuormituksen vaikutuksia vesiympäristössä. Haitalliset ja myrkkynuormitukset ovat osoitettavissa biologisilla testimenetelmillä ja kenttätutkimuksilla. Tiedonhankinnassa on ollut jo pitkään mahdollisuus käyttää hyväksi valmiiksi kehitettyjä ja käytännössä kokeiltuja standardimenetelmiä ja tutkimussuosituksia. Tällä tavoin saadaan tietoa haitallisesta kuormituksesta ja sen merkityksestä.

Haitallisuuden ja riskinarviointityö on kuitenkin varsin monipuolista ja vaativaa, minkä vuoksi tiedonkulkua ja yhteistyötä viranomaisen, teollisuuden ja tutkimuslaitosten kesken pidetään tärkeänä.

Biologiset testimenetelmät ja kenttätutkimukset ovat olennainen osa kemikaalien käyttöön ja jätevesipäästöihin liittyvää päätöksentekoa.

Asiasanat (avainsanat)

\* vesitutkimukset, testimenetelmät, ympäristömyrkyllisyys

Muut tiedot

\*

Sarjan nimi ja numero\* Vesi- ja ympäristöhallituksen  
monistesarja no 189ISBN

951-47-2428-3

ISSN

0783-3288

Kokonaissivumäärä

\*

Kieli

Suomi

HintaLuottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

\* Vesien- ja ympäristösuojelutoimisto

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus



## SISÄLLYS

## sivu

1.	J O H D A N T O	7
1.1	YLEISTÄ	7
1.2	PROJEKTIRYHMÄN PERUSTAMINEN	7
1.3	TYÖN TAVOITE JA SISÄLTÖ	7
1.4	TESTAUKSEN NYKYTILA	8
1.5	LAINSÄÄDÄNNÖLLISET JA HALLINNOLLISET EDELLYTYKSET	8
2.	S U O S I T U K S E T	9
2.1	MYRKYLLISYYSTESTIEN KÄYTÖN PERIAATTEET	9
2.1.1	Y l e i s t ä	9
2.1.2	V e s i s t ö v a a r a l l i s u u d e n a r v i o i n t i	10
2.1.2.1	Yleiset periaatteet	10
2.1.2.2	Altistumistiedot	10
2.1.2.3	Vaikutustiedot	11
2.1.3	M y r k y l l i s y y s t e s t i e n k ä y t t ö v e s i e n s u o j e l u a k o s k e v a s s a p ä ä t ö k s e n - t e o s s a	11
2.1.3.1	Lupahakemukset ja katselmukset	11
2.1.3.2	Lupapäätökset	12
2.1.4	M y r k y l l i s y y s t e s t i e n k ä y t t ö v e s i e n s u o j e l u n v a l v o n n a s s a	12
2.1.4.1	Velvoitetarkkailut	13
2.1.4.2	Velvoitetarkkailun valvonta ja muu viranomaisval- vonta	14
2.1.5	K e m i k a a l i l a i n e d e l l y t t ä m ä t t e h t ä v ä t	14
2.2	TUTKIMUSTARPEET	14
2.2.1	T e o l l i s u u s	14
2.2.2	Y h d y s k u n n a t	15
2.2.3	H a j a k u o r m i t u s	15
2.2.4	M u u t t u t k i m u s k o h t e e t j a m e n e t e l m ä k e h i t t e l y	15
2.3	KEHITTÄMISTARPEET	16
2.3.1	H e n k i l ö v o i m a v a r a t	16
2.3.2	R a h o i t u s	17
2.3.3	Y h t e i s t y ö	17
3.	T A U S T A T I E D O T	18
3.1	BIOLOGISET TESTIMENETELMÄT	18
3.1.1	Y l e i s t ä	18
3.1.2	L y h y t a i k a i s e t t e s t i m e n e - t e l m ä t	18
3.1.3	P i t k ä a i k a i s e t t e s t i m e n e t e l m ä t	19
3.1.3.1	Käyttäytymistutkimukset	19
3.1.3.2	Histologiset ja fysiologiset tutkimukset sekä lisääntyminen	20
3.1.3.3	Kasvu	20
3.1.4	M u u t t e s t i m e n e t e l m ä t	20
3.1.4.1	Mutageenisuus	20
3.1.4.2	Kertyvyys	20
3.1.4.3	Hajoavuus	21

3.1.5	Kenttäkokeet ja tutkimukset	21
3.1.6	Testitulosten hyväksikäyttö	22
3.1.6.1	Lyhytaikaiset menetelmät	22
3.1.6.2	Pitkäaikaiset menetelmät	23
3.1.7	Myrkyllisyyteen vaikuttavat tekijät	23
3.2	KANSAINVÄLINEN TILANNE	24
3.2.1	Testien käyttö muissa maissa	24
3.2.1.1	Ruotsi	24
3.2.1.2	Norja	25
3.2.1.3	Kanada	25
3.2.1.4	USA	25
3.2.1.5	Ranska	25
3.2.1.6	Irlanti	25
3.2.1.7	Hollanti	26
3.2.1.8	Englanti	26
3.2.2	OECD:n testaus suosituksia	26
3.2.2.1	Vaihe I	27
3.2.2.2	Vaihe II	27
3.2.2.3	Muut testit	27
3.2.2.4	Biologinen seuranta	28
3.2.3	EEC:n testaus suosituksia	28
3.3	VESISTÖILLE HAITALLISTEN AINEIDEN KUORMITUS	29
3.3.1	Teollisuuden jätevesikuormitus	29
3.3.1.1	Metsäteollisuus	30
3.3.1.2	Kemian teollisuus	31
3.3.1.3	Kaivannais- ja metalliteollisuus	32
3.3.1.4	Tekstiili-, nahka- ja turkisteollisuus	33
3.3.1.5	Vesikirpputestit kuormituksen arvioinnissa	33
3.3.2	Yhdyskuntien jätevesikuormitus	34
3.3.3	Hajakuormitus	35
3.3.4	Kaatopaikkojen vesistökuormitus	37
3.4	VESISTÖTUTKIMUKSET	37
3.4.1	Yleistä	37
3.4.2	Seurannat	38
3.4.3	Rekisterit ja näytepankit	38
3.4.4	Velvoitetarkkailut	39
3.4.5	Vesiensuojelumaksuilla tehty vaikutustutkimukset	40
3.4.6	Yhdyskuntien viemäri-vesien myrkyllisyys	41
3.4.7	Kaatopaikkavesien myrkyllisyyden tutkiminen	42
3.4.8	Yhteenvedo	43



# 1 JOHDANTO

## 1.1 YLEISTÄ

Kemikaalien käyttö on nykyisin erittäin laajamittaista. Erilaisia kemiallisia yhdisteitä tunnetaan jo yli neljä miljoonaa ja niiden määrä kasvaa jatkuvasti. On arvioitu, että vesiympäristön ja vesiensuojelun kannalta käytössä on noin 1 000 merkittävän haitallista kemikaalia.

Vesiensuojelutehtävien hoidossa on eräänä keskeisenä tavoitteena kemikaalien käytöstä, päästöistä ja esiintymisestä aiheutuvien haittavaikutusten ehkäiseminen. Nykyisin tarvitaan entistä enemmän tietoja myös kemikaalien ja jätevesien käyttäytymisestä sekä vaikutuksista vesiympäristössä. Vaikutusten monipuolinen selvittäminen on välttämätöntä, jotta vaarallisia aineita voitaisiin tehokkaasti valvoa ja säädellä niiden päästöjä vesistöihin. Myrkyllisyyden testaus on tärkeä osa kemikaalivalvontaan liittyvää päätöksentekoa. Se on myös oleellinen tekijä vesistökuorman kokonaisvaikutusten arvioinnissa. Testauksen tarve on korostunut:

- katselmuksiin liittyvissä selvityksissä
- kuormituksen myrkyllisyyden arvioinnissa
- ennakkotoimenpideasetuksen 1 §:n tarkoittamassa harkinnassa
- tulevan kemikaalilain toimeenpanossa

## 1.2 PROJEKTIRYHMÄN PERUSTAMINEN

Vesihallitus asetti 21.8.1986 projektiryhmän selvittämään vesistöjen myrkkykuorman merkitystä ja edistämään myrkyllisyystestien käyttöä. Projektiryhmän puheenjohtajaksi nimitettiin erikoistutkija Marja Ruoppa (VY/-vyt) sekä jäseniksi ylitarkastaja Heidi Vuoristo (VY/vyt), limnologi Heikki Penttinen (VY/kat), biologi Veijo Miettinen (VYL/vet), esittelijä Esa Nikunen (VY/tet) ja vanhempi insinööri Jukka Matinvesi (Kuvy). Esa Nikusen jälkeen ovat jäseninä olleet ylitarkastaja Seija Salonen (VY/tet), vanhempi tarkastaja Erkki Kaukoranta (VY/tet) ja limnologi Juhani Itkonen (VY/-tet). Projektiryhmän työtä valvomaan vesihallitus samalla asetti johtoryhmän, jonka puheenjohtajna toimi osastopäällikkö Kimmo Karimo (VY) ja jäseninä vesi- ja ympäristöpiirin johtaja Altti Luoma (Tavy), ylitarkastaja Leena Villa (Hevy) sekä limnologi Pertti Heinonen (VYL/vet).

## 1.3 TYÖN TAVOITE JA SISÄLTÖ

Projektiryhmä otti ensisijaiseksi tavoitteekseen edistää myrkyllisyystestien käyttöä vesiensuojelua koskevassa päätöksenteossa.

Projektiryhmä on koonnut keskeisiä perustietoja myrkyllisyydestä ja sen testauksesta maassamme, selvittänyt myrkyllisyystestaustilannetta eräissä muissa maissa, kartoittanut myrkyllisyyttä aiheuttavia tekijöitä ja arvioinut myrkkykuormituksen suuruutta. Viimeksi

mainittua tehtävää varten tehtiin projektiryhmän työhön liittyen eräiden teollisuusjätevesien akuutin myrkyllisyyden testauksia vesikirpulla.

Keräämänsä aineiston perusteella projektiryhmä esittää suosituksia eräiksi hallinnollisiksi toimenpiteiksi ja myrkyllisyystutkimusten suuntaamiseksi.

#### 1.4 TESTAUKSEN NYKYTILA

Jätevesien ja kemikaalien myrkyllisyyden arviointi on yhä tärkeämpi vesiensuojelun alue. Tämän vuoksi on kehitetty siihen liittyviä testimenetelmiä ja sovellettu niitä käytäntöön. Samoin on viranomaisohjeissa (Vesihallituksen julkaisuja nro, 17, Jätevesikuormituksen ja vaikutusten velvoitetarkkailu sekä valvontaohje n:o 35, Myrkyllisyystestien käyttö vesiensuojelussa) suositeltu testauksen käyttöä sekä annettu siihen liittyvää koulutusta. Näistä toimenpiteistä huolimatta biologisia testejä ei käytetä tilanteissa, joissa niiden avulla on saatavissa välitöntä hyötyä vesien-suojeluun. Esimerkiksi vesioikeuksien lupapäätöksissä on eräissä tapauksissa lupaehto, joka velvoittaa rajoittamaan myrkyllisten aineiden päästöjä vesistöön. Näidenkään lupaehtojen perusteella ei yleensä ole vaadittu myrkyvaikutusten tai -kuormituksen selvittämistä.

#### 1.5 LAINSÄÄDÄNNÖLLISET JA HALLINNOLLISET EDELLYTYKSET

Lainsäädännölliset ja hallinnolliset edellytykset myrkyllisyystestauksen nykyistä laajemmalle käytölle ovat olemassa. Tämä perustuu seuraavien säädösten toimeenpanoon.

Vesilaki ja sen nojalla annetut määräykset antavat tarvittavat perusteet vaatia kuormittajilta myrkyllisysselvityksiä. Tämän vuoksi myrkyllisten jätevesien vesistöön johtamista koskevassa vesioikeudellisessa päätöksenteossa (Vesilaki 1:19 ja 1:22 mukainen pilaa-miskielto ja vesiasetuksen 282/62, 3:71 mukaiset lupahakemusasiat) ja katselmustoimituksiin liittyvissä selvityksissä, samoin kuin vesien valvonnassa (mm. Vesilain 10:24a mukaiset päästömääräykset, toimenpide- ja tarkkailuvelvoitteet) voidaan käyttää tietoja myrkykuormituksesta ja päästöjen vaikutuksista.

Lisäksi vesiensuojeluun liittyvän ennakkotoimenpideasetuksen (283/62, muutettu 499/80) 1 §:ssä on luettelo vesiympäristölle vaarallisista aineista, joita ei saa päästää tai johtaa vesistöön sellaisina pitoisuuksina tai määrinä, että niistä aiheutuu vesistön pilaantumista. Tähän liittyvässä ilmoituksessa tulee olla arvio aineen vaikutuksista vesissä ja testitulokset ovat näin ollen välttämättömiä.

Voimassaoleva myrkkylaki (309/169) ja asetus (492/80) määrittelevät myrkyn aineeksi, joka vähäisinäkin annoksina elimistöön jouduttuaan vaikuttaa kemiallisesti joko välittömästi tai välillisesti aiheuttaen elimistön toiminnan häiriöitä.

Uusi kemikaalilaki (Hallituksen esitys kemikaalilaiksi on annettu eduskunnalle 1.7.1988) tulee voimaan aikaisintaan vuoden 1990 alussa korvaten nykyisen myrkkylain. Kemikaalilakiesityksessä aineet jaetaan terveydelle vaarallisiin ja ympäristölle vaarallisiin kemikaaleihin.

Ympäristölle vaarallisella kemikaalilla tarkoitetaan kemikaalia, joka ympäristöön joutuessaan voi aiheuttaa jo vähäisenä määränä vakavia vaurioita elolliselle luonnolle.

Hallinnollisesti kemikaalilain voimaantulo tulee edellyttämään vesi- ja ympäristöhallitukselta mm. seuraavia tehtäviä:

- suojauskemikaalien (puunsuoja- ja limantorjuntakemikaalit) ennakko hyväksymisen, joka sisältää mm. kyseisten aineiden ympäristövaikutusten arvioinnin
- lausunnot uusien kemikaalien ennakkoilmoituksista
- lausunnot vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista
- kiellettyjen ja voimakkaasti rajoitettujen kemikaalien vienti-ilmoitusten hoitaminen
- ympäristölle vaarallisten kemikaalien luokittelu
- sekä muina tehtävinä ongelmakemikaalien sääntelytehtävät, torjunta-aineiden ympäristövaikutusten arviointi ja kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet ympäristövaikutusten osalta
- lisäksi vesi- ja ympäristöhallituksen tulee yksittäistapauksissa ratkaista, onko kemikaali ympäristölle vaarallinen.

Näin ollen uudistuva kemikaalilainsäädäntö tulee tuomaan vesi- ja ympäristöhallitukselle kemikaalien ympäristövaarallisuuden arviointiin liittyviä uusia tehtäviä. Jätevesien myrkyvaikutuksiin liittyvät tehtävät kuuluvat jo nykyisen työjärjestyksen mukaan vesi- ja ympäristöhallitukselle.

## 2 S U O S I T U K S E T

### 2.1 MYRKYLLISYYSTESTIEN KÄYTÖN PERIAATTEET

#### 2.1.1 Y l e i s t ä

Haittavaikutusten arvioinnin lähtökohtana tulee olla kemikaalin käyttötapa ja käyttömäärät sekä pysyvyys, hajoavuus, leviäminen, kertyvyys, rikastuminen sekä myrkyllisyys tai vastaavat tiedot jätevesistä. Näitä tekijöitä voidaan selvittää kemiallisilla analyysillä sekä biokemiallisilla ja myrkyllisyystestimenetelmillä. Edellä mainittuja menetelmiä käytetään jo vakiintuneesti useissa maissa kemikaalien ja jätevesien ympäristövaarallisuuden arviointiin osana vesiensuojelun päätöksentekoa sekä toisaalta päästörajoitusten ja vesistön tilan valvontaan.

Testien ja kenttätutkimusten käyttö antaa välitöntä tietoa vaikutuksista. Suomessakin on syytä vesistöjen myrkykuormituksen ja myrkyvaikutusten arvioinnissa sekä testien käytössä ryhtyä noudattamaan pohjoismaisia

(Nordforsk, KIU ja ESTHER) samoin kuin OECD:n suosittelomia toimintamalleja. Tällä tavoin varmistetaan kansainvälisesti yhdenmukainen testauskäytäntö, testitulosten tulkinta ja yhtenäinen menettely riskinarviointityössä. Tämä edellyttää testaustoiminnan laajamittaista käynnistämistä, enemmän Suomen oloista kertovia tutkimustuloksia ja näiden perusteella tehtävää haitallisuusarviointityötä. Testejä tulee ottaa käyttöön kemikaalien ja jätevesien vesistövaarallisuuden ennakkoarvioinnissa sekä kemikaalien käyttöön ja jätevesien johtamisen valvontaan liittyvissä toiminnoissa.

Jätevesien ja kemikaalien testauksessa on yhtäläiset ongelmat ja periaatteet. Jätevesikuormituksen vaikutuksia arvioitaessa ei kuitenkaan riitä käytettyjen kemikaalien testaus, koska ne muuttuvat prosesseissa. Lisäksi jätevesien laatu usein vaihtelee ajallisesti, niiden kemiallinen koostumus on yleensä tuntematon ja ne sisältävät lukuisia komponentteja. Tämän vuoksi jätevesien haittavaikutusten arviointi on monimutkaista ja tulee suorittaa tapauskohtaisesti.

## 2.1.2 Vesistövaarallisuuden arviointi

### 2.1.2.1 Yleiset periaatteet

Kemikaalien ja jätevesien myrkkynuormituksen ja myrkkyyvaikutusten selvittämisessä tulee noudattaa yhdenmukaisia periaatteita sen suhteen, mitä tietoja vaarallisuusarviointi sisältää sekä kuinka tämä tieto saadaan (menetelmät). Arviointityön edetessä pidemmälle tarvitaan joustavuutta ja tapauskohtaista harkintaa. Testaustoiminnalle ei voida asettaa tiukkoja normeja.

Vesistövaarallisuusarvion tulee yleensä aina sisältää kahdenlaisia tietoja, nimittäin vesiympäristön altistumis- ja vaikutustiedot. Tutkimustuloksia kokonaisuutena arvioiden voidaan verrata kemikaaleja tai jätevesiä keskenään, päättää vesistövaarallisuudesta sekä säädellä haitallisten aineiden päästöjä.

### 2.1.2.2 Altistumistiedot

Haitallisuutta arvioitaessa tarvitaan ensin aina tiedot päästöistä sekä osoitettavissa olevista pitoisuuksista vastaanottavassa vesistössä eli tiedot vesiekosysteemin potentiaalisesta altistuksesta. Nämä tiedot sisältävät mm. seuraavaa:

- käytetyt kemikaalit
- päästön määrä ja laatu
- jakautuminen ympäristössä (maa, vesi, ilma, sedimentti ja eliöstö)
- kemikaalin tai jäteveden käyttäytyminen (liukoisuus, hajoavuus, laimeneminen, leviäminen, kertyvyys ja rikastuvuus)
- biologinen saatavuus (molekyylikoko usein ratkaisee, pääseekö aine eliöstöön)

Edellämainitut tiedot on mahdollista osittain saada kirjallisuudesta. Yleensä on tämän lisäksi tarpeen

tehdä kemiallisia analyyskejä sekä käyttää biokemiallisia testejä. Monipuoliset altistumistiedot antavat siten jo mahdollisuuden tehdä johtopäätöksiä haitallisten vaikutusten todennäköisyydestä. Altistumisanalyysin tuloksesta riippuu, miten laajana vaikutusanalyysi tulee suorittaa sekä, mihin sitä koskevat tutkimukset tulee suunnata.

### 2.1.2.3 Vaikutustiedot

Vaikutusanalyysissä tarkastellaan tietoja tutkituista haitallisista vaikutuksista vesistössä sekä alhaisimmista vaikuttavista pitoisuuksista. Nämä ns. vaikutustiedot sisältävät mm. tuloksia myrkyllisyystesteistä ja kenttätutkimuksista. Testimenetelmien valinnassa tulee noudattaa seuraavia yleisperiaatteita:

- testaus on syytä aloittaa lyhytaikaisilla (akuuteilla) testeillä käyttäen vähintään kolmen eri trofiatason lajia (esim. bakteeri, levä, äyriäinen ja kala)
- usein on tarpeen olla käytettävissä myös pitkäaikaisen (kroonisten) tai lyhytaikaisten kroonisten testien tuloksia
- tutkimuksissa tulisi pyrkiä herkimpien kehitysvaiheiden testaukseen
- testieliöiden tulisi mikäli mahdollista edustaa tutkittavan vesistön eliökantaa.

Vaikka lyhytaikaiset testit antavat vain alustavan, karkean arvion myrkyllisyydestä, on niillä oma suuntaantava arvonsa. Pitkäaikaistestit ovat kuitenkin lähempänä todellisuutta ja ne osoittavat, millä tasolla muutos tai häiriö vesistössä tapahtuu.

### 2.1.3 Myrkyllisyystestien käyttö vesiensuojelua koskevassa päätöksenteossa

Vesiensuojeluun liittyvässä päätöksenteossa tulee nykyistä painokkaammin ottaa käyttöön edellä kuvattu vesistövaarallisuuden arviointimenettely. Päätöksentekoon osallistuvien tulee mm. lupahakemusten käsittelyn ja katselmustoimitusten yhteydessä pyrkiä entistä monipuolisemmin arvioimaan käytettävissä olevaa aineistoa ja tarvittaessa vaatia sitä täydennettäväksi kemiallisilla ja myrkyllisyystesteillä sekä vaikutustutkimuksilla. Näiden tulosten perusteella voidaan vaikuttaa myös lupapäätösten sisältöön, jolloin on mahdollista laatia tarkempia ja oikein kohdistuvia päästörajoituksia ja tarkkailuvelvoitteita.

#### 2.1.3.1 Lupahakemukset ja katselmukset

Käsiteltäessä jätevesien laskuun liittyviä lupahakemuksia ja ennakkoilmoituksia joutuvat viranomaiset, katselmustoimitusten toimitusmiehet, asiantuntijat ja vesioikeudet arvioimaan päästöjen vaikutuksia, harkitsemaan päästörajoja sekä ottamaan kantaa prosesseissa käytettäviin kemikaaleihin. Mikäli tällöin ei ole käytettävissä riittävästi tutkimustietoa päätöksentekoa

varten, tulee vaatia vaikutuksia osoittavien kemiallisten analyysien sekä biokemiallisten ja myrkyllisyystestimenetelmien käyttöä. Selvitysten teko ja kustannusvastuu kuuluvat tällöin luvan hakijalle.

Haettaessa lupaa uudelle, toimintansa aloittavalle jätevesikuormittajalle joudutaan vesistövaarallisuusarvio tekemään jätevesien oletetun koostumuksen tai käyttöön otettavien kemikaalien testauksen perusteella. Näissä yhteyksissä tulee myös edellyttää riittävän monipuolisten selvitysten tekoa vastaanottavasta vesistöstä taustatilan selvittämiseksi ennen jätevesien laskua. Myrkkyskuormittajien lupahakemusten uusimisen ja jätevetä tuottavien prosessimuutosten yhteydessä tulee viimeistään olla käytettävissä tiedot esiintyvistä vesistövaikutuksista sekä biologisten testien tulokset.

Merkittävimpien myrkkyskuormittajien ollessa kyseessä saattaa olla tarpeen, että myös viranomainen tekee tarkistuksen vuoksi myrkyllisyys selvityksiä.

#### 2.1.3.2 Lupapäätökset

Vaikka nykyisetkin lupaehdot antavat mahdollisuuden biologisten selvitysten ja testien tekoon, on näitä velvoitteita jatkossa syytä tarkentaa. Lupapäätöksiin olisi saatava entistä tarkempia määräyksiä sekä myrkkyskuorman että -vaikutusten sallituista tasoista. Lisäksi on usein tarpeen kirjata erikseen velvoitteet myrkkysvaikutusten selvittämiseksi. Vesi- ja ympäristöviranomaisten tulee kiinnittää erityistä huomiota näihin seikkoihin antaessaan lausuntoja lupahakemusten johdosta.

Kuormituksen raja-arvoina voidaan käyttää esim. tiettyille yksittäisille yhdisteille tai niiden summaparametreille asetettuja raja-arvoja tai TER- ja TEF-arvoja (kts. 3.1.6).

Velvoitteet myrkkysvaikutusten selvittämiseksi voivat olla joko tarkkailuvelvoitteita tai tutkimusvelvoitteita. Tarkkailuvelvoitteella pyritään seuraamaan lupaehdojen toteutumista kuormituksen raja-arvojen tai vesistön tilan suhteen. Tutkimusvelvoitteella pyritään tietyn, lupakäsittelyn yhteydessä selvittämättä jääneen ongelman ratkaisuun. Velvoitteiden avulla hankitaan tietoja seuraavaa lupakäsittelyä varten.

#### 2.1.4 Myrkyllisyystestien käyttö vesiensuojelun valvonnassa

Vesiensuojelun valvonnan keskeinen keino on velvoitetarkkailu. Velvoitetarkkailua suorittavat julkisen valvonnan alaiset vesitutkimuslaitokset vesi- ja ympäristöpiirin ja/tai vesi- ja ympäristöhallituksen hyväksymän ohjelman mukaan hakijan kustannuksella. Velvoitetarkkailun tulosten luotettavuuden varmistamiseksi on vesi- ja ympäristöviranomaisten tehtävä kontrollitutkimuksia samoilla alueilla ja vastaavista

aiheista. Biologisten testien käyttöön ja myrkkyyvaikutuksiin liittyvä tarkkailu ja tarkkailun luotettavuuden valvonta on järjestettävä toimivaksi myös vesi- ja ympäristöhallinnossa.

#### 2.1.4.1 Velvoitetarkkailut

Biologisten testien ja kenttätutkimusten käyttöä tulee lisätä osana kuormitus- ja vesistötarkkailuja. Itämeri-yhteistyöhön liittyen ovat suomalaiset ja ruotsalaiset yhdessä valmistelleet suositukset, jotka koskevat massa- ja paperiteollisuuden tarkkailuja (Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 106 ja 109, 1988). Näiden ohjeiden käyttöä voidaan pääperiaatteiltaan soveltaa koskemaan myös muita merkittäviä teollisuudenaloja.

Jätevesien ja jätevesijakeiden kokonaismyrkyllisyyttä voidaan parhaiten selvittää akuuteilla testeillä, mutageenisuustesteillä sekä lyhytaikaisilla kroonisilla testeillä. Akuuttien testien tuloksista on lisäksi laskettavissa virtaamiin ja tuotantoon suhteutettuja TU-, TER- ja TEF-arvoja. Kuormitustarkkailujen yhteydessä tehdyt biologiset selvitykset ja myrkyllisyystestit luovat pohjan ja antavat viitteitä vesistötarkkailututkimusten suuntaamista varten.

Vesistötarkkailujen sisältö riippuu päästön määrästä ja laadusta (koostumuksesta) sekä vastaanottavan vesistön ominaisuuksista ja käytöstä. Ohjelmien tulee sisältää nykyisten fysikaalis-kemiallisten, sedimentti- ja pohjaeläintutkimusten lisäksi myös muita biologisia tutkimuksia.

Koska kalalajisto, yksittäisten kalojen kunto, kaloilla tehtävät kenttätutkimukset, kaloihin kertyneet myrkyt sekä kalojen ravintoeläimet ilmentävät osaltaan vesistön tilaa, on kalatalous- ja vesistötarkkailun välinen raja joskus epäselvä. Tämän vuoksi on tärkeätä tarkastella vesistö- ja kalataloustarkkailuja yhtenä kokonaisuutena varsinkin silloin, kun suunnitellaan myrkkyyvaikutusten selvittämistä. Kalataloudellisten tarkkailujen hyväksymismenettelyissä tulee tämän vuoksi parantaa vesi- ja kalatalousviranomaisten yhteistyötä.

Tarkkailuohjelmia suunniteltaessa voidaan mallina käyttää liitteen 2. mukaista tarkkailuohjelmamarunkoa. Periaatteena on, että vesistötarkkailu muodostuu kevyehköstä vuosittaisesta seurannasta ja 3-5 vuoden väleintoitettavista perusteellisemmista tarkkailukerroista. Perusteellisten selvitysten yhteydessä tehdään mm. kyseisen vesistön oloihin sopivia biologisia selvityksiä. Näihin kuuluvat tarvittaessa myös haitallisten aineiden kartoitukset biologisesta materiaalista samoin kuin erilaiset myrkkyyvaikutuksia ilmentävät testit ja kenttäkokeet.

Jätevesitarkkailussa tulee vastaavasti ottaa käyttöön säännöllisesti toistettavat perusteelliset selvitykset,

jolloin tutkitaan mm. jäteveden myrkyllisyyttä erilaisin biologisin testein. Tällä tavoin on mahdollista selvittää tarkemmin jätevesien laadun vaihteluita ja kuormitusongelmia.

Vesi- ja ympäristöpiirien tulee tarkistaa, tarvitaanko nykyisiin velvoitetarkkailuohjelmiin täydennyksiä tässä suhteessa sekä huolehtia, että uusien potentiaallisten myrkkynuormittajien velvoitetarkkailuissa vaikutusten seuranta järjestetään asianmukaisesti.

#### **2.1.4.2 Velvoitetarkkailun valvonta ja muu viranomaisvalvonta**

Vesi- ja ympäristöhallituksella tulee olla valmiudet tehdä tarkistusluonteisesti samoja määrityksiä ja testauksia kuin velvoitetarkkailussa vaaditaan.

Viranomaisen tehtäviin kuuluu myös esim. hajakuormituksen tulevien pienten kemikaali- ja jätevesipitoisuuksien pitkäaikaisvaikutusten tutkimus ja seuranta. Näissäkin yhteyksissä voidaan käyttää biologisia tutkimuksia. Samoin tulee pyrkiä valvontatutkimuksin varmistamaan, ettei myrkkynuorkutuksia esiinny sellaisilla purkualueilla, joilla näitä selvityksiä ei voida velvoitteina tehdä.

#### **2.1.5 K e m i k a a l i l a i n e d e l l y t t ä m ä t t e h t ä v ä t**

Kemikaalilain voimaantulo tulee edellyttämään, että viranomaiset entistä painokkaammin kiinnittävät huomiota ympäristölle vaarallisiin aineisiin. Kuten kohdasta 1.5 ilmenee on vesi- ja ympäristöhallitukselle esitetty annettavan runsaasti tähän liittyviä uusia tehtäviä. Näiden tehtävien hoitaminen edellyttää viranomaisten oman biologisen testaustoiminnan laajamittaista käyttöönottoa, tutkimustoiminnan tehostamista sekä hallinnollista asiantuntemusta. Perusteet vaatia myös kuormittajilta entistä monipuolisempaa tietoa kemikaalien käytöstä, päästöistä ja vaikutuksista tulevat entisestään korostumaan.

### **2.2 TUTKIMUSTARPEET**

Ympäristöministeriön toimeksiannosta on vesi- ja ympäristöhallituksessavalmisteilla "Kemikaalitutkimuksen kehittämisohjelma vuosiksi 1989-1993". Työssä tullaan käsittelemään yksityiskohtaisesti mm. kemikaali- ja jätevesitutkimuksen nykytilaa, menetelmiä, puutteita, rahoitusta sekä tutkimustarpeita ja -kohteita. Tämän vuoksi tutkimukseen liittyviä ongelmia ja tarpeita käsitellään tämän projektin yhteydessä vain eräiltä pääkohdilta.

#### **2.2.1 T e o l l i s u u s**

Vesistöjemme merkittävin kuormittaja on massa- ja paperiteollisuus, jonka ravinne- ja myrkkynuorma on useassa tapauksessa suuri. Tietoa puuttuu erityisesti vaikeasti hajoavien orgaanisten yhdisteiden tunnistamisesta, mittaamisesta, käyttäytymisestä sekä niiden



mahdollisesti aiheuttamista haitallisista vaikutuksista vesistöissä. Käynnissä olevista tutkimuksista huolimatta suuri osa suurimolekyylisistä yhdisteistä, erityisesti organiset klooriyhdisteet, ja niiden vaikutukset vesistöjen kannalta ovat edelleen tuntemattomia.

Vastaavia, riittämättömästi tunnettuja orgaanisia yhdisteitä syntyy myös kemian, petrokemian ja metalliteollisuuden prosesseissa.

Toisena suurena ongelmakokonaisuutena voidaan pitää raskasmetallipäästöjä ja niiden vaikutusten selvittämistä. Haitallisuutta arvioitaessa ei metallien kokonaispitoisuuksien määrittäminen vedestä ole riittävä. Tärkeätä on tuntea metallien olomuoto, joka osoittaa sitoutumisen ja sedimentoitumisen sekä kertyvyyden. Vasta tämän jälkeen on mahdollista arvioida myrkyllisyyttä ja metallikuormituksen todellista merkitystä. Vesistöjen happamoituminen lisää metallivaikutuksiin liittyvää tutkimustarvetta.

### 2.2.2 Yhdyskunnat

Yhdyskuntien viemäristöön johdettava jätekuorma on jatkuvasti kasvanut, kun viemäriverkon piiriin on tullut lisää kotitalouksia ja teollisuuslaitoksia. Viemäriveteen tiedetään joutuvan myös myrkyllisiä ja pysyviä haitta-aineita. Haitta-aineiden vesistökuormasta tai vaikutuksista vesistöissä ei ole kuitenkaan ollut selvää kuvaa. Kuorman on yleensä uskottu olevan haitattoman vähäinen. Alustavan kartoitusten perusteella tilanne ei kuitenkaan ole aivan ongelmaton.

Yhdyskuntien viemäriveresien haitta-aineiden vesistökuorman kokonaistaso tulee tutkia. Viemäriveresien haittavaikutusten tutkimusta tulee myös laajentaa happeakuluttavan ja ravinnekuorman vaikutuksista ympäristölle vaarallisten aineiden myrkyllisyys, erityisesti pitkäaikaisvaikutuksiin.

Biotestien käyttö on hyvin perusteltua viemäriveresien tutkimuksissa haitta-aineiden kuorman kertyessä yleensä lukuisista eri lähteistä pieninä erinä ja ilmetessä yhteisvaikutuksena.

### 2.2.3 Hajakuormitus

Hajakuormituksen kautta vesistöihin saattaa joutua myös myrkyllisiä aineita. Ympäristöriskejä aiheuttavat hitaasti hajoavat, kertyvät ja helposti huuhtoutuvat aineet sekä sellaiset kemikaalit, joiden käyttömäärä on suuri. Erään kokonaisuuden muodostavat torjunta-aineet. Vaikka torjunta-aineiden käytössä ollaan vähitellen siirtymässä ympäristön pitkäaikaisvaikutusten kannalta vaarattomampiin, helpommin hajoaviin valmisteisiin, on uusien aineiden joukossa edelleen vesistöjen kannalta erittäin myrkyllisiä yhdisteitä. Tällaisten uusien valmisteiden ja tehoaineiden käytön sekä esiintymisen valvomiseksi tulee viranomaisen oma analyysivalmius saada ajantasalle.

#### 2.2.4 Muut tutkimuskohteet ja menetelmäkehittely

Myrkyllisyystutkimuksiin liittyy olennaisena osana kemiallinen analytiikka (vesinäytteet, sedimentit ja biologinen materiaali), jonka kehittämistä ja monipuolistamista pidetään erittäin tärkeänä.

Vesi- ja ympäristöhallitus toimialayhteisönä vastaa Suomessa kansainvälisten (ISO ja INSTA) sekä kansallisten (SFS) veden laatuun liittyvien standardimenetelmien valmisteluista. Myrkyllisyystestit vesieliöillä kuuluvat osana tähän toimintaan. Menetelmäkehittelyyn liittyen vesi- ja ympäristöhallituksen tulee valmistella uusia menetelmiä, osallistua niitä koskeviin kansainvälisiin vertailututkimuksiin sekä järjestää kansallisia vertailututkimuksia. Tällä hetkellä ajankohtaisia ovat mm. hajoavuus- ja kertyvyystestien sisänaajo sekä levä- ja bakteeritestien käyttöönotto.

Lähinnä pohjoismaisessa käytössä olevat kalafysiologiset ja histologiset menettelmät ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi selvitettäessä veden laadun aiheuttamia pitkäaikaisia muutoksia kalojen elintoiminnoissa. Menetelmien kehittelyä tulisi suunnata sellaisten parametrien löytämiseen, jotka varhaisessa vaiheessa kuvaisivat mm. kalojen kasvuun ja erityisesti lisääntymiseen vaikuttavia tekijöitä. Vuodenaikaisvaihteluiden ja fysiologisten parametrien välinen suhde tulee selvittää. Haitallisuusselvityksissä tulee myös lisätä luonnon kalaston tutkimuksia.

Myös mutageenisuustestejä tulee Suomessa kehittää osana jätevesien ja kemikaalien myrkyllisyyden testausta.

Menetelmällisten valmiuksien ylläpito ja kehittäminen vesi- ja ympäristöhallituksessa on välttämätöntä, vaikka myrkyllisyystestausta ei vielä ole voitu voimavarojen puuttuessa ottaa laajamittaiseen käyttöön.

Vesi- ja ympäristöhallinnon tulee menetelmäkehittelyn lisäksi aloittaa myrkkyyvaikutusten arviointia tukeva luonnontilaisten eliöyhteisöjen toiminnan tutkiminen.

Tällaista tietoa tarvitaan vertailuaineistoksi likaantuneilta alueilta saaduille tuloksille.

Haitallisten aineiden taustapitoisuuksien selvittämistä tulee jatkaa ja laajentaa se koskemaan keskeisimpiä teollisuuden jätevesien haitta-aineita osoittavia määrityksiä kuten esim. kloorifenoleja, hartsihappoja ja orgaanisen kloorin kokonaismäärää (TOCl).

#### 2.3 KEHITTÄMISTARPEET

Myrkyllisyystestien kehittelytyön ja käyttöönoton esteenä on ollut ja on edelleen voimavarojen ja rahoituksen puute.

### 2.3.1 Henkilöstövoimavarat

Vesi- ja ympäristöhallituksen laboratorioissa on jo pitkään ollut valmius myrkyllisyystestien tekemiseen. Suurimpana puutteena ja toimintaa hidastavana tekijänä on apuhenkilökunnan puuttuminen. Tämä on estänyt testien ottamisen rutiinikäyttöön vesi- ja ympäristöhallinnossa.

Kaloilla ja vesikirpuilla tehtävään testaukseen, testieläinten ylläpitoon ja yleisluonteisiin laboratoriotehtäviin tarvitaan vesi- ja ympäristöhallitukseen vähintään 1 laborantti ja 1 tutkija. Tämän lisäksi bakteeri- ja levätestien tekoon tarvitaan 1 tutkija ja 1 laborantti. Nämä ovat vähimmäisvaatimuksena jatkuvaluonteisen toiminnan ylläpitämiseen tavalla, jota edellytetään mm. SFS:n ja vesi- ja ympäristöhallituksen välisessä toimialayhteisösopimuksessa. Henkilöstövoimavarojen lisääminen ja/tai uudelleen kohdentaminen tulee ottaa huomioon vesien- ja ympäristöntutkimuslaitoksen organisaatiota uudistettaessa.

Viime vuosina on eräissä vesi- ja ympäristöpiireissä kokeiltu akuuttien testien aloittamista. Toistaiseksi kuitenkin vesikemiallinen analytiikka ja tutkimus ovat muodostaneet pääosan piirien tutkijoiden ja laboratoriohenkilökunnan tehtävistä.

Jotta helposti suoritettavat akuutit testit olisi mahdollista tarpeen tullen tehdä vesi- ja ympäristöpiireissä, voidaan toiminta keskittää muutamiin piirilaboratorioihin. Tämä edellyttää, että piirin henkilökuntaan kuuluu alan asiantuntija. Myrkyllisyystesteissä tarvitaan lisäksi tiettyjä laboratoriolaitteistoja ja apuhenkilökuntaa sekä ennen muuta kiinnostusta ja paneutumista vesien biologiaan ja myrkyllisyysongelmiin. Myös vesi- ja ympäristöpiirien henkilövoimavaroja tulee pyrkiä lisäämään.

### 2.3.2 Rahoitus

Myrkyllisyyden testaukseen liittyvää kehittäelytyötä ja varsinaista tutkimusta on viivästyttänyt pysyvän rahoituksen puute. Tutkimuksia on jouduttu tekemään satunnaisen (mm. vesiensuojelumaksut) jopa ulkopuolisen (apurahat) rahoituksen ja näin ollen tilapäisten työntekijöiden avulla. Tämä on estänyt laajempien yhtenäisten kokonaisuuksien tutkimisen ja on jouduttu tyytymään tapauskohtaisiin, tosin paikallisesti merkittäviin, selvityksiin.

Jatkuva testaustoiminta edellyttää riittävän ja pysyvän rahoituksen järjestämistä myös tälle laajenevalle ja kehittyvälle vesitutkimuksen osa-alueelle.

### 2.3.3 Yhteistyö

Biologiseen testaukseen ja haitallisuusarviointeihin liittyvät tehtävät ovat tunnetusti monipuolisia ja vaativat erityyppisten asioiden kokonaisnäkemystä. Tämän vuoksi yhteistyö ja tiedon kulku viranomaisien,

teollisuuden ja konsulttien kesken on erittäin tärkeää, samoin yhteistyö yliopistojen ja korkeakoulujen kanssa.

Myrkkyyvaikutuksiin liittyvä perustutkimus ja tutkimusyhteistyö on maassamme viime vuosina ollut vähäistä. Kemialliseen analytiikkaan liittyvää yhteistyötä tehdään sen sijaan yliopistojen ja korkeakoulujen kanssa melko paljon. Yliopistoissa ja korkeakouluissa tehtävää perustutkimusta tulee lisätä.

Myrkyllisyystestien käyttöönoton edistämiseksi on tärkeää huolehtia tiedon kulusta keskus- ja piirihallinnon välillä, VYH:n eri yksikköjen välillä sekä piireissä eri toimialojen välillä. Erityisen tärkeää

on havaittujen tutkimustarpeiden välittyminen valvojilta ja suunnittelijoilta tutkijoille sekä vastaavasti uuden tutkimustiedon nopea välittyminen tutkijoilta käytännön vesiensuojelutyöhön osallistuville. Keinoina tällaiseen tehokkaaseen henkilövoimavarojen käyttöön on mm. koulutus- ja neuvottelutilaisuuksien järjestäminen ja menettelytapojen selkiinnyttäminen esim. tutkimuksesta, katselmuksista, suunnittelusta ja valvonnasta vastaavien henkilöiden kesken.

### 3. TAUSTATIEDOT

#### 3.1 BIOLOGISET MENETELMÄT

##### 3.1.1 Yleisiä

Biologiset testit voidaan ryhmitellä eri tavoin testin kestoajan (akuutti/krooninen), vaikutuskohteen (mm. kuolevuus, lisääntyminen, kasvu) tai vaikutustavan (letaali/subletaali) mukaan. Akuuteissa testeissä altistus aika on lyhyt ja kroonisissa pitkä verrattuna testieliön ikään. Rajat testityyppien välillä eivät ole tarkkoja ja vaikutukset voivat olla eri ryhmissä tappavia tai ei-tappavia. Seuraavassa esitetään yleisimmin käytössä oleva jaottelutapa.

##### 3.1.2 Lyhytaikaiset eli akuutit testimenetelmät

Akuutit testit ovat yleisin tapa jäteveden tai kemikaalin myrkyllisyyden määrittämiseksi. Näillä lyhytaikaisilla letaalitesteillä pyritään määrittämään tutkittavan jäteveden tai kemikaalin LC50-arvo (lethal concentration). Sillä tarkoitetaan tutkittavaa pitoisuutta, joka määrättynä koeaikana (yleensä 96h) aiheuttaa 50 % kuolleisuuden koeorganismeille. Testin aikana tapahtuva koe-eliöiden kuolleisuus on verrannollinen tutkittavan aineen pitoisuuteen ja altistusajan pituuteen. Testeissä voidaan määrittää myös EC50-arvo (effective concentration), jolla tarkoitetaan vaikuttavaa pitoisuutta. Lyhytaikaiset testit ovat tavallisesti pitkälle standardisoituja, joten eri testeistä saatavat tulokset ovat vertailukelpoisia.

Akuutteihin testeihin katsotaan kuuluviksi LC50-testit kaloilla ja vesikirpuilla, jotka myös ovat eniten

käytettyjä. Levien käyttö erilaisissa toksisuustesteissä on viime vuosina lisääntynyt, joskin se on edelleen kaloja ja eläinplanktonia vähäisempää. Levätesteissä voidaan solulukumäärän mittauksen lisäksi mitata aineenvaihduntaan liittyviä toimintoja kuten fotosynteesiä ja hengitystä. Yhden levälajin testien käytön ohella ollaan kehittämässä (INSTA) luonnonlevästön testausta.

Toksisuuden testaukseen voidaan käyttää myös erilaisia bakteereita, jotka vesiekosysteemissä vastaavat valtaosasta hajotustoimintaa. Myrkylliset aineet voivat vaikuttaa bakteerien biokemiallisiin toimintoihin siten, että tärkeiden alkuaineiden kiertokulku häiriintyy. Tavallisimmin bakteeritesteissä tutkitaan bakteerien kasvun estymistä. Muina mitattavina suureina voidaan käyttää mm. hengitystä, substraatin ottonopeutta, dehydrogenaasiaktiivisuutta, kertymistä, geneettisiä muutoksia, liikettä, nitrifikaatiota tai hajotustoiminnan intensiteettiä.

### 3.1.3 Pitkääaikaiset eli krooniset testimenetelmät

Jätevesien pitoisuus pienenee vastaanottavassa vesistössä yleensä nopeasti alle akuutisti tappavan tason. Tällöin LC50- ja EC50-testit eivät välttämättä kerro paljoakaan jäteveden tai kemikaalin todellisista vaikutuksista. Pitkääikaistesteissä saattavat lisäksi vaikuttaa eri aineet tai tekijät kuin lyhytaikaisissa testeissä.

Pitkääaikaiskokeilla ja subletaalitesteillä pyritään selvittämään pienten pitoisuuksien aiheuttaman myrkyvaikutuksen kohde ja etsimään se pitoisuus, jossa kyseisiä vaikutuksia ei enää ole todettavissa (NOEC). Jotta myrkyllisyystesti voidaan luokitella pitkäaikaiseksi, sen tulee periaatteessa sisältää tutkittavan eliön koko elämänkierto tai huomattava osa siitä. Pitkäikäisillä ja sukukypsyyden hitaasti saavuttavilla vesieliöillä (kuten kalat) testit ovat usein vaativia. Tästä syystä onkin pyritty kehittämään lyhyempiaikaisia kroonisia testejä (esim. vesikirppu 14 vrk) sekä suuntaamaan testit erityisen herkkiin elämänvaiheisiin. Kaloilla tällaisia ovat mm. sulusolujen kehitys, lisääntyminen sekä mätä-poikasvaiheet.

#### 3.1.3.1 Käyttäytymistutkimukset

Käyttäytymistutkimuksissa seurataan vaikutuksia mm. kalojen liikkumiseen, uintikykyyn tai hengitysliikkeisiin erilaisilla sähköisillä menetelmillä. Samoin voidaan käyttäytymistä tutkia valintakammiokokeilla. Kalojen lisäksi myrkyllisten aineiden vaikutuksia voidaan tutkia muillakin vesieliöillä seuraamalla mm. uintiaktiivisuuden muutoksia, simpukoiden kuoren liikkeitä, ruokailuaktiivisuutta tai kaivautumista.

### 3.1.2.2 Histologiset ja fysiologiset tutkimukset sekä lisääntyminen

Toisen tyyppisiä pitkäaikaisvaikutuksia osoittavat puolestaan histologiset ja fysiologiset menetelmät. Myrkyllisten aineiden vaikutuksesta vesieliöiden kudusrakenteet saattavat muuttua. Tämä voidaan todeta mikroskopoimalla värjättyjä kudoslajeja (histologia). Verestä ja kudoksista voidaan mitata myös elintoimintoja ja aineenvaihduntaa (fysiologia), joihin vaarallisten yhdisteiden on todettu vaikuttavan. Nämä ilmentävät mm. hapenkuljetuskykyä, energia-aineenvaihduntaa, soluvaurioita, suola/vesitasapainoa, vierasaineenvaihduntaa sekä entsyymitoimintojen häiriintymistä ja eliöiden lisääntymistä. Edellä mainituilla muutoksilla voidaan ilmentää vesieliöiden normaaleja elintoimintoja, joissa haitallisten aineiden häiritsevät vaikutukset ovat helposti mitattavissa. Näitä tutkimuksia on tehty useimmiten kaloilla.

Myrkylliset aineet saattavat vaikuttaa myös lisääntymiseen vähentämällä mm. kalojen mädin tuotantoa, mädin hedelmöitystä, häiritsemällä hedelmöityneen mädin kehitystä sekä poikasten kuoriutumista ja kehitystä. Kalojen mätä ja poikasvaiheet onkin todettu erittäin herkiksi myrkyvaikutusten osoittajiksi. Lisääntymishäiriöitä voidaan tutkia myös muilla vesieliöillä. Lajien säilymisen kannalta lisääntyminen on merkittävä haittavaikutuksen kohde.

### 3.1.3.3 Kasvu

Myrkylliset aineet vaikuttavat usein myös eliöiden kasvuun, joka tavallisesti hidastuu. Kasvunopeuden mittaaminen on yleensä yksinkertaista eikä välttämättä vaadi pitkiä koeaikoja.

### 3.1.4 M u u t t e s t i t

Kemikaalien ja jätevesien haitallisuutta voidaan arvioida myös muilla biologisilla testimenetelmillä, joita ovat mm. seuraavat:

#### 3.1.4.1 Mutageenisuus

Jätevedet ja kemikaalit saattavat vaikuttaa organismien perintötekijöihin, jolloin vaurio siirtyy eliössä sukupolvesta toiseen. Mutageenisuustesteissä koe-eliöinä käytetään bakteereita, hiivoja tai nisäkässoluja, joiden avulla voidaan osoittaa geneettisiä muutoksia. Tunnetuin näistä on ns. Ames-testi.

#### 3.1.4.2 Kertyvyys

Aineiden taipumusta kerääntyä biologiseen materiaaliin tutkitaan tavallisesti vesi/oktanoli-jakautumiskertoimen avulla. Mitä suurempi osa tutkittavasta aineesta kertyy n-oktanolifaasiin, sitä todennäköisempää on, että aineella on taipumus kertyä ja mahdollisesti rikastua ravintoketjussa. On kuitenkin aineita, joiden

kertyminen ei ole riippuvainen rasvaliukoisuudesta. Tällöin vesi/oktanoli-jakautumiskerroin ei anna kertymisestä oikeata kuvaa. Kenttäolosuhteissa kertymistutkimuksia on tavallisimmin tehty kaloilla ja simpukoilla.

#### 3.1.4.3 Hajoavuus

Vesistöissä kemikaalit ja jätevedet joutuvat muutos- ja hajoitusprosessien kohteiksi, jolloin niiden kemiallinen rakenne muuttuu. Tämä voi tapahtua biologisissa, kemiallisissa tai fotokemiallisissa reaktioissa. Haitallisuuden kannalta hajoavuuden merkitys on suuri, koska vaikeasti hajoavat aineet voivat levitä laajoille alueille ja säilyä ympäristössä pitkään. Tällöin niiden aiheuttama ympäristöriski kasvaa.

Hajoavuustestit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) välittömän hajoavuuden testit, 2) luontaisen hajoavuuden testit sekä 3) simulointitestit. Näissä tavanomaisin tapa mitata hajoavuutta ovat BOD- ja COD-määritykset. Hajoavuus ja kertyvyystestien avulla voidaan arvioida kemikaalien ja jätevesien leviämistä ja käyttäytymistä.

#### 3.1.5 Kenttäkokeet ja tutkimukset

Suurin osa myrkyllisyystesteistä on tehty laboratorio-oloissa useimmiten yksittäisillä puhdasaineilla. Luonnossa on kuitenkin kyse monien eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta, minkä vuoksi on alettu korostaa myös kenttätutkimusten merkitystä. Muutamilla lajeilla laboratoriossa suoritettujen testien tuloksia on mahdotonta soveltaa ekosysteemitasolle ja ilman kenttäkokeita on näin ollen melko vaikeata ottaa huomioon esim. vastaanottavan vesistön vaikutusta päästöön.

Kenttäkokeita voidaan tehdä mm. sumputtamalla koe-eläimiä vastaanottavassa vesistössä seuraten niissä tapahtuvia muutoksia. Tällaisissa tutkimuksissa voidaan käyttää esim. luonnonkaloja, joita pyydystetään likaan-tuneilta ja puhtailta vesialueilta ja verrata niiden elintoiminnoissa ilmeneviä muutoksia. Kenttäaltistuksissa voidaan käyttää myös kalanviljelylaitoksilta tuotuja terveitä kaloja, joita sumputetaan eri etäisyyksillä purkukohdasta sekä kontrollialueella. Altistuksen päätyttyä voidaan kalanäytteistä analysoida useita parametreja verraten koeryhmiä kontrolliryhmään.

Kenttäaltistuksissa voidaan kalojen lisäksi käyttää kotiloita tai hedelmöitettyjä mätiiä. Lisäksi voidaan mitata aineiden kertymistä tai seurata mädin kuolevuutta ja kehitystä.

Kenttäkokeiden yhteydessä voidaan ottaa näytteitä myös maku- ja hajuhaittatutkimuksia varten. Tämä on osoittautunut hyväksi tavaksi selvittää kalojen käyttökelpoisuutta ihmisravintona.

Jätevesipäästöjen riskin arvioinnissa on eräänä tärkeimpänä seikkana pidettävä haitallisten vaikutusten summaa vesiekosysteemissä. Parhaiten voidaan summavai-  
kutusta selvittää malliekosysteemikokeilla. Tällöin kokeita tehdään suuressa mittakaavassa verrattuna laboratoriotesteihin ja ne kestävät pitkiä aikoja. Menetelmällä voidaan kuvata monilajista eliöyhteisöä, jossa tutkitaan myrkyä suoraa tai epäsuoraa vaikutusta useisiin biologisiin mekanismeihin. Altistusta voidaan ylläpitää vuosia realistisissa, matalissa myrkkypitoisuuksissa. Malliekosysteemitutkimuksia ei kuitenkaan voida pitää rutiinimenetelmänä.

Toisaalta mikään edellä luetelluista testitavoista ei yksinään ole riittävä päästöjen ekologisten vaikutusten selvittämisessä. Mitä monipuolisemmin myrkyllisyyksien testit on mahdollista suorittaa, sen parempi tulos on saavutettavissa. Luettelo käyttöön sopivista testimenetelmistä on esitetty liitteessä 1.

### 3.1.6 Testitulosten hyväksikäyttö

Päätettäessä jätevesien ja kemikaalien päästörajoista tulee tavoitteena olla, ettei haitallisia vaikutuksia esiinny. Koska tämä ei aina ole mahdollista, joudutaan päätöksenteossa tukeutumaan erilaisiin testituloksiin ja kirjallisuustietoihin.

#### 3.1.6.1 Lyhytaikaiset menetelmät

Akuuttiin testaukseen voidaan tapauksesta riippuen käyttää eri vesieliöitä, joiden herkkyydessä on kuitenkin eroja. Tämän vuoksi LC50-testit tulee pyrkiä suorittamaan vähintään kolmella eri trofiatason lajilla ja verrata näin saatuja tuloksia keskenään. Mikäli tällöin on käytössä useita LC50-arvoja valitaan päästörajoitusten perustaksi alhaisin.

Akuuttien testitulosten hyväksikäyttöä voidaan laajentaa laskemalla 96 h LC50-arvojen perusteella TU-, TER- ja TEF-arvoja, joiden avulla myrkyllisyys on mahdollista suhteuttaa jätevesivirtaamiin ja tuotannon määrään. Tämä tapahtuu seuraavien laskennallisten menettelyjen avulla:

Toksisuusyksikkö (TU, toxicity unit) (1)

$$TU = \frac{100}{LC50\text{-arvo}}$$

Toksisuuskuorma (TER, toxicity emission rate) (2)

$$TER = \frac{100}{LC50\text{-arvo}} \times Q \text{ (1000 m}^3\text{/d)}$$

Q = jäteveden virtaama m<sup>3</sup>/aika

Toksisuuskerroin (TEF, toxicity emission factor) (3)

$$TEF = \frac{100}{LC50\text{-arvo}} \times \frac{Q}{P} \text{ (m}^3\text{/d)}$$

P = tehtaan tuotanto, tn/aika



Akuuttien testitulosten perusteella voidaan laskea myös ns. turvallisia pitoisuuksia käyttämällä tiettyjä kertoimia. Eri tutkijoiden kokeellisesti saadut turvakertoimet vaihtelevat välillä 0,1 - 0,002. EIFAC:n suosituksen mukaan voidaan pitoisuutta  $0,001 \times LC50$ -arvo useimmiten pitää vesieliöstölle haitattomana. Samaa turvakerrointa suositellaan ESTHER-projektin loppuraportissa. Erittäin kertyville, rikastuville ja myrkyllisille aineille ei tällaista ei välttämättä ole riittävä.

Edellämäinittuja laskennallisia menettelyjä voidaan käyttää vain sellaisissa tilanteissa, jolloin ei ole käytettävissä tuloksia kroonisista testeistä, eikä niitä juuri sillä hetkellä ole mahdollista suorittaa.

Akuuttien testien tulokset antavat vain karkean arvion mahdollisesta myrkyllisyydestä. Ne antavat alustavaa, suhteellista tietoa, jonka avulla voidaan verrata kemikaalien, jätevesien ja jätevesijakeiden myrkyllisyyttä ja arvioida myrkkynuormituksen olemassaoloa ja suuruutta. Jätevesien  $LC50$ - ja  $EC50$ -arvot ovat eräänlainen summaparametri, joka kertoo myrkyllisyyden olemassaolon kuitenkin selvittämättä, mikä sen aiheuttaa.

### 3.1.6.2 Pitkäaikaiset menetelmät

Koska päästöt yleensä ovat jatkuvia ja pitoisuudet vesistöissä pieniä, tulee testauksessa pyrkiä pitkäaikaistutkimuksiin ja kenttäkokeisiin. Jopa laboratorioolosuhteissa tehtävät pitkäaikaistestit toimivat realistisemmilla pitoisuustasoilla kuin akuutit testit. Laboratoriossa voidaan suorittaa testejä erityisen herkillä kehitysvaiheilla (sukusolujen kehitys, lisääntyminen, mätä/poikasvaiheet). Kaloilla tehtävät fysiologiset ja histologiset menetelmät osoittavat, ovatko ne myrkkynuormituksen alaisia, miten haitalliset aineet niiden elintoimintoihin vaikuttavat sekä pystyvätkö ne aineenvaihdunnallisesti muokkaamaan ja poistamaan näitä yhdisteitä.

Krooniset testit antavat siten paremman lähestymistavan haitallisuusselvityksiä ja riskinarviointia varten. Tällöin toimitaan niissä pitoisuuksissa, joita esiintyy resipientissä ja tulokset osoittavat muutakin kuin kuolleisuuden. Krooniset toksisuustasot ovat tärkeä pohja arvioitaessa päästörajoja, silloin kun on kyseessä pitkäaikainen altistus ja pitoisuudet ovat pieniä.

### 3.1.7 Myrkyllisyyteen vaikuttavat tekijät

Myrkyllisyyden ilmenemisen kannalta on tärkeätä olla selvillä myös vastaanottavasta vesistöstä. Kemikaalin tai jäteveden joutuessa vesistöön riippuu sen fysikaalinen ja kemiallinen käyttäytyminen merkittävästi vesistön hydrologiasta, veden laadusta ja vuodenajasta. Nämä tekijät yhdessä päästö määrän ja laadun kanssa määräävät sen annoksen, jolle vesieliöt altistuvat.

Fysikaaliskemiallisesti huomionarvoisia muuttujia ovat laimenemisolot, lämpötila, haihtuminen, hajoaminen, adsorptio, sedimentoituminen sekä hapetus- ja pelkistysreaktiot. Veden laatumuuttujista mm. kovuus, pH, saliniteetti sekä humus- ja kiintoainepitoisuudet vaikuttavat voimakkaasti monien aineiden myrkyllisyyteen.

Biologisina tekijöinä on lisäksi otettava huomioon lajien väliset ja sisäiset herkkyyserot, vuodenaika sekä testieliöiden ikä ja sukupuoli.

## 3.2 KANSAINVÄLINEN TILANNE

### 3.2.1 Testien käyttö muissa maissa

Biologisia testejä käytetään vakiintuneesti useissa maissa. Tämä on tehnyt mahdolliseksi myös yhdenmukaisten testausohjelmien ja suositusten laatimisen. Seuraavassa esitetään lyhyesti esimerkkejä testauskäytännöstä eri maissa sekä kansainvälisiä testisuosituksia.

#### 3.2.1.1 Ruotsi

Biologisia testimenetelmiä ja kemiallisia analyyskejä jätevesien vaikutusten osoittamiseen on sovellettu tutkimustasolla vuodesta 1975 lähtien. Viranomaisten käyttöön tarkoitetut ohjeet on julkaistu vuonna 1982, mistä lähtien niitä on käytetty noin 100 tapauksessa. Laajin käyttö on liittynyt teollisuusjätevesiin ja tutkimukset ovat johtaneet tehostuneeseen valvontaan sekä prosessimuutoksiin. Testausohjelmat ovat yleensä laajoja, joustavia ja ne laaditaan tapauskohtaisesti.

Statens Naturvårdsverketin koordinoiman tutkimusprojektin "Karakterisering av industriella avloppsvatten" loppuraportissa (1981) ehdotetaan perusteiksi jätevesikuormitusta täydellisesti selvitetessä seuraavia testejä:

- Elossापysyminen, kala, LC50-testi 96 tuntia
- Elossापysyminen, kala, kolmen viikon testi
- Elossापysyminen, äyriäinen, LC50-testi 48 tai 96 tuntia
- Lisääntyminen, kala
- Lisääntyminen, äyriäinen
- Toksisuus, bakteerit
- Tuotanto, levät IC50
- Kasvu, sipuli tai kylvövirvilä
- Gentoksisuus, Ames-testi
- Hajoavuus, BOD<sub>7</sub> täydennettynä TOC:llä
- Kertyminen, simulointi kromatografisella menetelmällä

Ehdotus pyrkii olemaan vesiympäristöön kohdistuvien vaikutusten osalta mahdollisimman kattava. Koko testiryhmää ei ole vielä sovellettu samanaikaisesti ruutiinikäyttöön.

### 3.2.1.2 Norja

Kemikaalien ja jätevesien ekotoksikologisten vaikutusten arviointia biologisilla testeillä on kehitetty useissa laitoksissa. Käytössä on noin 50 erilaista testiä toksisuuden, hajoavuuden ja kertyvyyden testaukseen. Testit noudattavat lähinnä OECD:n suosituksia, mutta käytössä on myös muita testejä. Eri teollisuudenaloja on testattu systemaattisesti ja tulokset osoittavat, että testaustoimintaa kannattaa laajentaa. Viranomaiset harkitsevat testien käytön lisäämistä. Vaikeutena on kuitenkin koettu kriteerien puuttuminen.

### 3.2.1.3 Kanada

Kanadassa viranomaiset ovat suorittaneet jätevesien biologista testausta 1960-luvulta lähtien mm. seuraaviin tarkoituksiin:

- ennustamaan ja toteamaan ympäristöongelmia
- kontrolloimaan myrkyllisten kemikaalien käyttöä, päästöjä ja vaikutuksia sekä
- monitoroimaan valvonnan tehokkuutta

Testeinä käytetään akuutteja, subakuutteja ja kroonisia testejä kaloilla ja vesikirpuilla. Kehitteillä on uusia testejä. Kanadassa tehdään yhteistyötä ympäristöviranomaisten ja eri teollisuudenalojen kesken.

### 3.2.1.4 USA

Vuosien kokemus on osoittanut, että biologinen testaus on välttämätöntä toksisten vaikutusten arvioinnissa. Toksisuuden testaus on aloitettu 1970-luvulla ja menetelmiä on jatkuvasti kehitetty edelleen. EPA:n arvion mukaan nykyisin noin 2000 jätevesilupaa sisältää myrkyllisyystestausvelvoitteen ja kroonisia testejä, joiden perusteella päästöille lasketaan tiettyjä turvarajoja. Purkukohdalla pitoisuudet eivät yleensä saa ylittää 0.3 x LC50-arvo. Vuonna 1985 on julkaistu laajat testausohjeet: Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Control.

### 3.2.1.5 Ranska

Ranskalaisten mukaan ekotoksikologiset menetelmät täydentävät fysikaalis-kemiallisia analyyskejä. Toksisuuden testaukseen käytetään tämän vuoksi taimenia, vesikirppuja, leviä sekä microtox-menetelmää. Näitä akuutteja testejä ei kuitenkaan nykyisin pidetä riittävinä vaan tulisi kehittää myös kroonista testausta.

### 3.2.1.6 Irlanti

Irlannin viranomaiset ovat todenneet biologisen testauksen merkityksen vesiensuojelussa vuonna 1978. Tällöin nähtiin tarpeelliseksi asettaa myrkyllisille aineille ja niiden päästöille turvarajat. Tavoitteena oli kalojen ja vesielämän suojelu. Myrkyllisyyden ohella pidetään tärkeänä makuhaittatutkimuksia ja

karkottumista sekä aineiden pysyvyyttä ja kerääntymistä. Akuuteista testeistä saatavan LC50-arvon perusteella lasketaan turvaraja (tavallisimmin 1/20 LC50-arvosta), jonka katsotaan suojaavan vesieliöitä subletaali-vaikutuksilta. Toisaalta on käytössä myös toksisuusyksiköt (TU) ja laimennoskertoimet. Tällä tavoin lasketut turvarajat eivät kuitenkaan päde kaikkiin aineisiin, minkä vuoksi tarvitaan myös muita teollisuusalakohdaisia selvityksiä. Toksisuusrajat ovat riippuvaisia teollisuustyyppistä, jätevesikuormituksesta sekä purkupaikan sijainnista. Rajoitukset koskevat kaikkia uusia laitoksia sekä tietyn ajan kuluessa myös vanhoja.

### 3.2.1.7 Hollanti

Hollannissa teollisuuspäästöille on olemassa tiukat raja-arvot. Monitorointiohjelmiin kuuluu jonkin verran biologista tutkimusta (testejä bakteereilla, levillä, vesikirpuilla ja kaloilla sekä mutageenisuuden testausta). Tarvittaessa voidaan vaatia lisätietoja biologisista vaikutuksista. Nykyisellään ei kuitenkaan ole suurta tarvetta ottaa lisää muuttujia testausohjelmiin.

### 3.2.1.8 Englanti

Myös Englannissa ovat viranomaiset ja kemikaalien valmistajat testanneet jätevesiä ja kemikaaleja biologisilla testeillä. Akuuttien vaikutusten testausta tehdään säännöllisesti eri tarkoituksia varten (jätevesien laadun vaihtelu, myrkylliset jakeet ja laimennosten määrittäminen). Nykyisin kahdella laitoksella kolmesta on toksisuustestausvelvoite. Uusia laitoksia tutkitaan tarkemmin.

## 3.2.2 OECD:n testaus suosituksia

OECD:n ympäristökomitea on lokakuussa 1987 julkaissut raportin no 11 "The Use of Biological Tests For Water pollution Assessment And Control", joka on tarkoitettu vesiensuojelusta vastaaville päätöksentekijöille.

Raportin mukaan vesiviranomaisten pitkän tähtäimen tavoitteena tulee olla jätevesipäästöjen aiheuttamien haitallisten vaikutusten estäminen vesistöissä. Eri-tyistä huomiota tulee kiinnittää pysyviin ja kertyviin aineisiin. On kuitenkin todettavissa, että viranomaisilta usein puuttuu olennainen "työväline", nimittäin kyky arvioida jätevesien myrkyllisyyden tasoa ja syitä sekä toisaalta toksisten vaikutusten olemassaoloa ja laajuutta vastaanottavassa vesistössä.

Näistä vaikeuksista voidaan OECD:n mukaan selvittää käyttämällä myrkyllisyyden testausta täydentämään kemiallisia analyyskejä. Myrkyllisyyttä ehdotetaan sellaisenaan käytettäväksi uutena valvontaparametrina säädeltäessä jätevesien sisältämien myrkyllisten aineiden päästöjä.

Asiantuntijaryhmän mukaan myrkyllisyyden testausta voidaan menestyksellä käyttää:

- Mittaamaan jätevesipäästöjen akuutteja ja kroonisia myrkyvaikutuksia vastaanottavan vesistön eliöstössä
- Tuottamaan jätevesien myrkyllisyydestä kvantitatiivista tietoa, joka luo hallinnollisen perustan valvottaessa ympäristömyrkkypäästöjä

OECD:n raportissa ei anneta tarkkoja ohjeita testien käytöstä, ainoastaan yleiset suuntaviivat ja tavoitteet. Tämän mukaan arvioitaessa päästön vaikutusta vesiympäristössä tulee ottaa huomioon altistuminen ja vaikutukset. Myrkyllisyyden ohella tärkeitä on aineiden leviäminen, hajoaminen ja jakaantuminen.

OECD suosittelee jätevesien myrkyllisyyttä selvitettäväksi portaittaisella testausohjelmalla. Yksityiskohdattaiset ohjeet testien suorittamiseksi on julkaistu vuonna 1981 manuaalissa "OECD Guidelines for Testing of Chemicals ja OECD Principles of Good Laboratory Practice".

### 3.2.2.1 Vaihe I

Ensivaiheessa tulee huomio kiinnittää itse jäteveteen, sen ominaisuuksiin, laimenemiseen, pysyvyyteen ja kertyvyyteen. Tarkoituksena on selvittää ympäristölle haitallisen vaikutuksen todennäköisyys. Lähinnä laimenemisoloista riippuen tulee I vaiheen testauksissa käyttää lyhytaikaisia testejä osoittamaan alustavasti letaaleja ja subletaaleja vaikutuksia.

### 3.2.2.2 Vaihe II

Toisessa vaiheessa suositellaan käytettäväksi useita testejä eri eliölajeilla sekä laajempia ja kehittyneempiä biologisia ja kemiallisia menetelmiä. Testausta lisäämällä voidaan vähentää myrkyllisyyskysymyksiin liittyvää epävarmuutta.

- Akuutteja testejä tulee tehdä vähintään kahdella lajilla (kala ja selkärangaton) niin tiheästi, että päästön vaihtelut tulevat selvitettyä.
- Lajien väliset herkkyyserot voidaan selvittää käyttämällä akuutteja ja lyhyitä kroonisia testejä 5-10 eri vesieliölajilla (kalat, kasvit, selkärangattomat).
- Hydrologisten vaihteluiden selvittämiseksi voidaan käyttää mallitutkimuksia.
- Samoin tarvitaan hajoavuustutkimuksia sekä selvitetään kertyvyyttä ja rikastumista mittaamalla pitoisuuksia kaloista ja kotiloista.
- Vaiheessa II tulee käyttää myös laajempaa kemiallista analytiikkaa.
- Näiden lisäksi tuloksia tulee varmistaa muilla testeillä, joita ovat kemialliset mallikokeet, mikrokosmostestit sekä fysiologiset testit kaloilla ja kotiloilla.

### 3.2.2.3 Muut testit

Laboratoriotestien lisäksi voidaan tarpeen vaatiessa tehdä kenttäkokeita sekä analysoida päästöalueelta kerättyä biologista materiaalia, varsinkin jos jätevesiä on johdettu pidemmän ajan kuluessa. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä myös toksisuustestejä seuraten fysiologisia muuttujia, uintikäyttäytymistä, hengitystä tai entsyymaattisia muutoksia.

### 3.2.2.4 Biologinen seuranta

OECD:n mukaan biologisen seurannan tavoitteena on selvittää jätevesien aiheuttamia fysiologisia, histologisia ja käyttäytymismuutoksia vesieliöissä. Tämä vaatii kuitenkin erityisanalytiikkaa sekä sellaisia organismeja, jotka säilyvät hengissä likaantuneissa olosuhteissa. Toiminnalliset muutokset tapahtuvat yksilötasolla paljon ennen kuin ekosysteemitasolla on osoitettavissa häiriöitä. Sumputuskokeita voidaan käyttää linkkinä laboratoriotestien ja luonnossa tapahtuvan seurannan välillä. Tällä tavoin voidaan seurata:

- uintikäyttäytymistä
- karkottumista
- bioluminesenssiä
- ammoniakin nitrifikaatiota
- kalojen hengitysnopeutta
- muutoksia kudusrakenteissa ja kasvunopeudessa
- genotoksisuutta
- fotosynteesin nopeutta
- muita fysiologisia muutoksia
- solunsisäisiä muutoksia (entsyymit)
- makuhaittoja

Yhteenvedona voidaan todeta, että OECD:n jätevesites-tausohjeessa korostetaan tapauskohtaista selvittelyä ja tutkimustyötä, jossa tarvitaan teknistä, tieteellistä ja hallinnollista yhteistoimintaa. OECD suosittelee jäsenmaitaan ottamaan käyttöön myrkyllisyystestausperiaatteen tärkeänä osana jätevesipäästöihin liittyvää päätöksentekoa.

### 3.2.3 EEC:n testaus-suosituksia

EEC on vuonna 1984 julkaissut teknisen raportin no 13 "The EEC sixth amendment: A Guide To Risk Evaluation For Effects on The Environment". Tämä velvoittaa kemikaalien maahantuoja ja valmistaja selvittämään uuden kemikaalin mahdollisia ympäristöriskejä. Tutkimusten tulee tapahtua 3 tasolla (perustason testaus, 1 tason testaus ja 2 tason testaus) tuotetun aineen tonnimäärän ja tutkimustulosten perusteella tehdyn arvioinnin mukaan. Kullakin tasolla verrataan toksisuutta ja PEC-arvoa (potential environmental concentration) mahdollisen ympäristöriskin arvioimiseksi ja lisätutkimustarpeen määrittämiseksi. Tarkoituksena on selvittää, miten haitallisia kemikaaleja voidaan käyttää mahdollisimman pienellä riskillä.

EEC:n jäsenmaiden edellytetään yhdenmukaistavan riskinarviointiperiaatteitaan.

Seuraavassa luettelossa esitetään EEC:n suositusten mukainen kemikaalien riskinarviointi.

Perustaso (kemikaalin tuotanto 1 tn/vuosi)

- A Aineen tunnistamistiedot
- B Tiedot aineen käytöstä
- C Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet
- D Myrkyllisyystutkimukset
- E Ekotoksikologiset tutkimukset (akuutti kala- ja vesikirpputesti sekä hajoavuustesti 28 vrk)
- F Riskin arviointi

Taso 1 (kemikaalin tuotanto 10-100 tn/vuosi)

- A Perustason tutkimukset
- B Myrkyllisyystutkimukset laajemmin
- C Ekotoksikologiset tutkimukset
  - levätestit
  - pitkäaikainen vesikirpputesti (21 vrk)
  - tutkimus korkeammilla kasveilla
  - kastematotesti
  - pitkäaikainen kalatesti (14 vrk)
  - kerääntymistesti
  - pitkäaikainen hajoavuustesti
- D Riskin arviointi

Taso 2 (kemikaalin tuotanto yli 1000 tn/vuosi)

- A Perustason tutkimukset sekä tason 1 tutkimukset
- B Myrkyllisyystutkimukset
- C Ekotoksikologiset tutkimukset
  - lisätutkimuksia kerääntymisestä ja hajoavuudesta
  - lisääntymistutkimuksia linnuilla
  - lisätutkimuksia linnuilla
  - lisätutkimuksia muilla eläimillä
  - adsorptio/desorptiojaliikkuvuustutkimuksia

Mikäli tuloksia kroonisesta myrkyllisyydestä vesieläimille ei ole saatavissa, oletetaan että subletaaleja ja kroonisia vaikutuksia ei todennäköisesti esiinny pitoisuudessa joka on 1 % LC50-arvosta (kala ja vesikirppu). Eräissä tapauksissa tämä voidaan katsoa tietyksi turvarajaksi.

### 3.3 VESISTÖILLE HAITALLISTEN AINEIDEN KUORMITUS

Viime vuosina on vesistöön joutuvan happea kuluttavan-, ravinne- ja kiintoainekuormituksen ohella alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota vesistöihin joutuvaan myrkyllisten tai muulla tavoin haitallisten aineiden kuormitukseen ja sen vaikutuksiin. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti, mistä ja minkälaista haitallisten aineiden kuormitusta vesistöihin tulee.

#### 3.3.1 Teollisuus

Teollisuusprosesseissa käytetään ja niissä muodostuu runsaasti erilaisia aineita, joista monet ovat ympäristölle eri tavoin haitallisia. Osa näistä aineista joutuu tehtaan jätevesien mukana vesistöön. Tiedot

teollisuuslaitosten haitallisten aineiden päästöistä ovat niin aineiden laadun ja määrän kuin vaikutustenkin osalta monelta osin puutteelliset. Vuosittain esiintyy myös satunnaispäästöjä ja muita vahinkotapauksia, joiden seurauksena aiheutuu mm. kalakuolemia. Tällaiset tilanteet osoittavat aina äärimmäisen haitallisia muutoksia vesiympäristössä.

Kokonaisuutena tarkastellen merkittävin haitallisten aineiden kuormitus tulee vesistöihin Suomessa todennäköisesti metsäteollisuudesta sekä kemianteollisuudesta. Metsä- ja kemianteollisuuslaitosten lisäksi haitallisia aineita pääsee vesistöihin myös kaivannais- ja metallituoteteollisuuslaitoksista. Taulukossa 1. on esitetty eri teollisuudenalojen jätevesissä esiintyviä haitallisia yhdisteitä.

### 3.3.1.1 Metsäteollisuus

Kemiallista ja mekaanista massaa valmistavien massatehtaiden jätevedet sisältävät lukuisia puuaineksesta peräisin olevia yhdisteitä, prosesseihin käytettyjä kemikaaleja ja niiden reaktiotuotteita, kuten esimerkiksi hartsihappoja, rasvahappoja, diterpeenialkoholeja, uuteaineita, ligniinin hajoamistuotteita ja niiden klooraustuotteita. Jätevesien koostumus riippuu käytetystä puulajista, tehtaan prosessista ja tuotteen laadusta. Se vaihtelee paljon tehdaskohtaisesti ja samassakin tehtaassa ajallisesti.

Massatehtaiden jätevesien on arvioitu sisältävän satoja erilaisia yhdisteitä, eikä niitä kaikkia ole toistaiseksi pystytty tunnistamaan. Osa näistä yhdisteistä on ympäristölle haitallisia. Haitallisimpien yhdisteiden tiedetään olevan peräisin kuorimolta ja valkaisusta. Esimerkiksi sulfaattisellutehtaiden valkaisu-jätevedet sisältävät useita erilaisia klooraustuneita orgaanisia yhdisteitä, kuten kloorifenoleita-, guajakoleja ja -katekoleja, syringoleja ja vanilliineja sekä vähäisinä määrinä myös dioksiineja ja furaaneja. Näistä monien tiedetään tai epäillään olevan monessa suhteessa ympäristölle haitallisia (esim. akuuttitoksisuus, kertyvyys, haju- ja makuhaitat, syöpövaarallisuus, mutageenisuus).

Valmistettaessa paperia kemiallisesta-, mekaanisesta- tai uusiomassasta joudutaan käyttämään erilaisia lisäaineita. Tällaisia lisäaineita ovat mm. täyteaineet, päällystysaineet, väriaineet, kuivalujuutta lisäävät aineet, veden hylkimiskykyä lisäävät aineet, vaahdonestoaineet, liman- ja homeentorjunta-aineet sekä pinta-aktiiviset- ja dispergointiainet. Yhdellä paperitehtaalla saatetaan käyttää kymmeniä erilaisia lisäaineita ja niiden käyttö vaihtelee mm. tuotettavan paperilaadun ja massan laadun mukaan. Liman- ja homeentorjunta-aineita joudutaan aika ajoin vaihtamaan myös siksi, että yhden kemikaalin käyttö lisää vähitellen mikrobien kestävyyttä käytetylle myrkylle.

Osa paperitehtaalla käytetyistä lisäaineista ja niiden hajoamistuotteista on haitallisia ympäristölle ja osa



niistä joutuu jätevesien mukana vesistöön. Myrkyllisimpinä paperitehtaiden jätevesien sisältämistä aineita voitaneen pitää liman- ja homeentorjunta-aineita. Onhan niiden tehtävänä toimia biosideinä ja ehkäistä mikrobien kasvua tehokkaasti. Kuitenkin myös monien veden hylkimiskykyä lisäävien aineiden, vaahdonestoaineiden (mm. hartsihappo- ja rasvahappojohdannaisaineita) sekä pinta-aktiivisten-, dispergointi- ja väriaineiden on todettu olevan myrkyllisiä mm. vesieliöille.

Lastulevy- ja vaneriteollisuudessa käytetään erilaisia liimoja ja puunsuoja-aineita, joiden tehoaineista monet ovat ympäristölle haitallisia ja joita saattaa päästä tehtaiden jätevesien mukana vesistöön. Esimerkkinä tällaisista puunsuoja-aineiden tehoaineista voidaan mainita naftaleenit, kloorifenolit, tributyyli-tinoksidi, heptakloori.

Sahoilla käytettiin vuoteen 1987 asti sinistymisenestoaineissa yleisesti kloorifenoleiden vesiliukoisia suoloja sisältäviä aineita. Monilla sahoilla kloorifenoleita on päässyt valumaan maaperään. On mahdollista, että näiltä sahoilta kloorifenoleita pääsee valumaan edelleen pohja- ja pintavesiin. Sahoilta saattaa päästä maaperään ja edelleen pohja- ja pintavesiin myös nykyään käytettäviä sinistymisenestoaineita, jos sinistymisen estoa ei toteuteta asianmukaisella tavalla. Monet nykyään käytettävien sinistymisenestoaineiden tehoaineista ovat varsin myrkyllisiä vesi- ja muille eliöille.

Myös puunkyllästämöillä käytettäviä kyllästysaineita saattaa päästä maaperään sekä pinta- ja pohjavesiin, jos puunkyllästystä ei toteuteta annettuja ohjeita noudattaen. Kyllästysaineina käytetään pääasiassa kupari-, kromi- ja arseeniyhdisteitä sisältäviä suolakyllästeitä ja kreosoottiöljyjä. Kyllästysaineiden tehoaineet ovat yleensä myrkyllisiä vesi- ja muille eliöille.

### 3.3.1.2 Kemian teollisuus

Kemian teollisuuslaitosten haitallisten aineiden päästöt vesistöön ja muuhun ympäristöön riippuvat luonnollisesti siitä, mitä tehtaalla tuotetaan ja siitä mitä kemikaaleja ja raaka-aineita tuotantoon käytetään. Siten kemian teollisuuslaitosten haitallisten aineiden kuormitus vaihtelee paljon tehdaskohtaisesti. Suomessa arvioidaan olevan noin kolmekymmentä suurta tai suurehkoa kemian teollisuuslaitosta, joiden vesistökuormitus haitallisten aineiden osalta on huomattava tai merkittävä. Paikallisesti pienehköjenkin kemian teollisuuslaitosten kuormituksella saattaa olla merkitystä.

Öljynjalostamoiden jätevesiin vaikuttavat mm. käytetty raajaöljy ja jalostettavien tuotteiden laatu. Jalostamoiden jätevedet sisältävät mm. alifaattisia hiilivetyjä, fenoleita sekä erilaisia muita orgaanisia yhdisteitä.

Muovien perusteollisuus valmistaa mm. polyvinyylikloridia, polystyreeniä, polyeteeniä, polyesterihartseja ja muovin pehmitinaineena käytettävää dioktyyliftalaattia. Näitä aineita samoinkuin niiden valmistuksessa käytettäviä monomeereja sekä muita kemikaaleja ja mahdollisia sivu- ja hajoamistuotteita esiintyy myös jätevesissä. Valmistuksessa käytettävät monomeerit ovat usein haitallisempia vesistölle kuin varsinaiset lopputuotteet eli polymeerit. Muovien jalostusteollisuuslaitosten jätevedet sisältävät puolestaan erilaisia pehmitin-, liuotin-, lujite-, väri- ja inhibiittoriaineita, joista monet ovat haitallisia vesistölle.

Kloorialkalitehtaiden vesiensuojeluongelmana on ollut elohopean joutuminen vesistöön. Viime vuosina näiden tehtaiden elohopeapäästöt ovat kuitenkin vähentyneet siinä määrin, ettei niistä todennäköisesti enää aiheudu merkittäviä ongelmia. Tehtaiden jätevesissä on kuitenkin todettu myös muita haitallisia kemikaaleja, kuten heksaklooribentseeniä, joihin on vastaisuudessa syytä kiinnittää huomiota.

Torjunta-aineteollisuuslaitosten jätevesiin pääsee erilaisia liuottimia, raaka-aineina käytettäviä kemikaaleja sekä jonkin verran myös lopputuotteena syntyviä torjunta-aineita, joista monet ovat myrkyllisiä vesieliöille. Myös lannoiteteollisuuslaitosten jätevedet saattavat sisältää haitallisia kemikaaleja, kuten esimerkiksi raaka-aineena käyttävän apatiitin sisältämiä fluoriyhdisteitä, sekä erilaisia prosessikemikaaleja.

Rikkihapon valmistuksen yhteydessä jätevesiin joutuu raskasmetalleja, kuten elohopeaa, kadmiumia, lyijyä ja arseenia. Myös muiden happojen, emästen ja erilaisten prosessikemikaalien valmistuksen yhteydessä saattaa muodostua raskasmetalleja sisältäviä ja muita haitallisia yhdisteitä.

Edellä mainittujen kemian teollisuusalojen lisäksi haitallisia aineita pääsee vesistöihin myös mm. maali-, räjähdysaine-, lääke- ja viskoositeollisuudesta.

### 3.3.1.3 Kaivannais- ja metalliteollisuus

Kaivannaisteollisuudessa käytetään monenlaisia rikastuskemikaaleja, joista osan on todettu olevan myrkyllisiä mm. vesieliöille. Toisaalta läheskään kaikkien rikastuskemikaalien vesistövaikutuksia ei tunneta tarkasti - kuten ei monien muidenkaan prosessikemikaalien vesistövaikutuksia.

Metalli- ja terästeollisuuden jätevesien mukana joutuu vesistöön mm. syanidia, rikkihappoa, fluorideja, fenoleja ja eräitä muita orgaanisia yhdisteitä, rautaa, sinkkiä, elohopeaa, kadmiumia, kuparia, lyijyä, kromia ja muita metalleja raaka-aineesta, prosessista ja lopputuotteesta riippuen.





Titaanioksidin valmistus aiheuttaa huomattavan yksittäisen haitallisten aineiden päästön. Titaanioksiditehtaan jätevesi on erittäin hapanta ja sisältää monia raskasmetalleja, erityisen runsaasti rautaa.

#### 3.3.1.4 Tekstiili-, nahka- ja turkisteollisuus

Tekstiiliteollisuuden jätevedet sisältävät erilasia väriaineita, pinta-aktiivisia aineita ja muita lisä- ja apuaineita, jotka saattavat aiheuttaa ongelmia vesistöissä. Nahka- ja turkisteollisuuden jätevedet sisältävät puolestaan torjunta-aineita, detergentejä, liuottimia sekä parkki- ja väriaineita. Erityistä huomiota on kiinnitetty kromiyhdisteisiin. Nahkatehtaiden jätevesien on todettu olevan huomattavan myrkyllisiä ja aiheuttavan käyttöhäiriöitä jäteveden puhdistuslaitoksilla.

#### 3.3.1.5 Vesikirpputestit kuormituksen arvioinnissa

Tämän projektin yhteydessä tehtiin teollisuuden jätevesikuormituksen arvioimiseksi teollisuusalaakohtainen akuutin myrkyllisyyden testaus vesikirpuilla. Tutkitut teollisuudenalat olivat metsäteollisuus, kemianteollisuus, lannoiteteollisuus, metallien valmistus, metallituoteteollisuus, kaivosteollisuus, tekstiiliteollisuus sekä nahka- ja turkisteollisuus. Vesi- ja ympäristöpiirejä pyydettiin lähettämään jätevesiä testattaviksi osittain myös oman valintansa mukaan. Näytteet olivat vaihtelevasti puhdistamolle tulevia tai lähteviä jätevesiä sekä jätevesijakeita.

Jätevesinäytteitä testattiin 42 kappaletta. Testatuista näytteistä 15 osoittautui akuutisti myrkyllisiksi vesikirpuille. Lievästi myrkyllisiä oli 11 näytettä. Akuutisti erittäin myrkyllisiksi osoittautuivat kaikki (4 kpl) tekstiili-, nahka- ja turkisteollisuuden jätevedet. Muilla teollisuudenaloilla oli sekä myrkyllisiä että myrkyttömiä näytteitä.

Taulukko 2. Vesikirpputestien tulokset

Teollisuudenala	näyttemäärä n kpl	akuutti myrkyllisyys n kpl		
		myrkyllinen <50%	lievästi >50%	ei 0
Massa- ja paperi- teollisuus	11	3 (valk. ja vaneri) seosjätev.)	3	6
Metallien valm.	5	1	1	3
Metallituote teol.	3	0	2	1
Kaivosteollisuus	2	0	2	0
Lannoiteteollisuus	6	2	2	2
Muu kemianteollisuus	10	5	1	4
Tekstiiliteollisuus	2	2	0	0
Nahka- ja turkisteol.	2	2	0	0

Tämä suppea kartoitus osoittaa kuitenkin, että eri teollisuuden aloilta joutuu edelleen vesistöihin haitallisia, joka akuutisti myrkyllisiä jätevesiä.

Vastaavanlainen jätevesien myrkyllisyyden kartoitus vesikirpuilla tehtiin vuonna 1984 (Nikunen ja Miettinen). Tulosten mukaan myrkyllisimpiä olivat puunjalostusteollisuuden kuorimo- ja valkaisuvedet, varsinkin vanhempien tehtaiden osalta. Myös muilla teollisuudenaloilla (kloorin, viskoosin, liiman ja ruostumattoman teräksen valmistus sekä villan värjäys ja eräät yhdyskuntajätevedet) oli akuutisti myrkyllisiä jätevesiä. Tutkimuksessa todettiin tuotantoon suhteutettujen TEF-arvojen osoittavan erot myrkyllisyydessä selkeämmin kuin pelkät LC50-arvot.

Molempien myrkyllisyyskarttoitusten tulokset ovat samansuuntaisia ja tukevat toisiaan.

### 3.3.2. Yhdyskuntien jätevesikuormitus

Yhdyskuntien viemäriveresille on ominaista jätevesilähteiden suuri lukumäärä ja erilaisuus. Valtaosa lähteistä on kotitalouksia tai muita asumajätevettä vastaavaa vettä tuottavia. Yhdyskuntien viemäristöön johdetaan myös yleisesti pienten ja keskisuurten teollisuuslaitosten sekä lukuisten erillis- ja erikoislähteiden (mm. sairaaloiden, laboratorioden, huoltoasemien ja jätehuollon) jätevesiä. Viemäriveresissä on lisäksi hulevesiä, jotka ovat liikenteen, energiantuotannon tai muun toiminnon likaamia.

On ilmeistä, että kaikista edellämäinituista lähteistä viemäriveresiin joutuu tai voi joutua ympäristölle vaarallisia erityislika-aineita. Tyypillistä on, että näiden aineiden lukumäärä on suuri, päästöt ovat satunnaisia ja päästöjen koko on pieni.

Ympäristölle vaarallisten aineiden pitoisuudet viemäriveresissä ovat yleensä sitä korkeampia, mitä suurempi on teollisuusjätevesien osuus. Tähän vaikuttaa myös teollisuusjätevesien laatu. Eri yhdyskuntien teollisuusvesien osuus on hyvin erilainen vaihdellen lähes nollasta yli yhdeksääkymmeneen prosenttiin.

Yhdyskuntien viemäriveresissä voi esiintyä lähes kaikkia niitä yhdisteitä, joita teollisuusjätevesissäkin on sekä lisäksi laaja joukko muita, etenkin kotitalouksissa käytettäviä aineryhmiä kuten kosmeettiset tuotteet, puhdistus-, pesu- ja lääkeaineet.

Viemäriveresissä mahdollisesti esiintyvien erityislika-aineiden suuri lukumäärä, esiintymisen ennalta-arvaamattomuus ja aineiden useimmiten pieni pitoisuus vaikeuttaa yksittäisten yhdisteiden analysointia. Analysointi on tämän vuoksi ollut vähäistä. Parhaiten tunnetaan yhdyskuntien jätevesilietteen raskasmetallimäärät. Vaikka viemäriin joutuvat yhdisteet tunnettaisiinkin, voivat aineet ainakin osittain muuttua, hajota tai poistua lietteen mukana johtuen jätevesien viipymästä ja puhdistusprosessista.

Yhdyskuntien viemäriveresien erityislika-aineita, viemäriveresien myrkyllisyyttä ja puhdistuksen vaikutusta kartoitettiin alustavasti vuosina 1984-1987 vesihallituksen projektissa, jonka raportti on valmisteilla. Ohjelmaan kuului sekä pieniä että suuria yhdyskuntia, mutta näytteiden määrä oli pieni. Viemäriveresistä analysoitiin raskasmetalleja, eräitä kloorattuja hiilivetyjä, muovin pehmitinaineita, liuottimia, öljyjä sekä detergenttejä.

Aineiden pitoisuudet olivat hyvin vaihtelevia eri yhdyskuntien viemäriveredessä sekä saman viemäristön eri näytteissä. Aineiston perusteella voidaan esittää joitakin arvioita ja huomioita viemäriveresien erityislika-aineista.

Eräiden raskasmetallien pitoisuudet olivat puhdistetussakin viemäriveredessä ajoittain sangen korkeita, ilmeisesti jopa eräille eliöille akuutisti myrkyllisen suuria. Puhdistamoilla metallien poistuma vedestä oli vaihteleva, ollen yleisesti 50-90 %. Yhdyskuntien raskasmetallien kokonaiskuormasta on esitettävissä alustava luonnos (Taulukko 3).

Taulukko 3. Alustava arvio yhdyskuntien viemäriveresissä vesistöihin johdettavasta metallien kokonaismäärästä 1980-luvun puolivälissä (Penttinen 1987, suullinen tieto)

metalli	kg/a
kromi	2500
koboltti	1500-2000
nikkeli	3500-11000
kupari	6000-7000
sinkki	30000-60000
kadmium	150
elohopea	30-50
lyijy	1500

Orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet olivat yleensä hyvin pieniä, usein jopa alle analyysirajan. Yleisesti kuitenkin havaittiin liuottimia. Orgaanisten haitta-aineiden poistuma oli sangen suuri, yleisesti 90 %. Kloorifenoleiden poistuma oli selvästi vähäisempi, tosin niiden pitoisuudet olivat hyvin pieniä. Kemiallisella puhdistamolla orgaanisten haitta-aineiden poistuma oli selvästi pienempi kuin biologisella, vain muutamia kymmeniä prosentteja.

Orgaanisten erityisaineiden vesistökuormasta ei vielä voida esittää kokonaisarviota. On ilmeistä, että ainakin ajoittain eräiden yhdisteiden päästöt ovat huomattavia ja toistuessaan ilmeisen merkittäviä.

### 3.3.3 H a j a k u o r m i t u s

Hajakuormituksen aiheuttama haitallinen kuormitus ja vaikutukset ovat vaikeammin selvitettävissä ja hallittavissa kuin varsinaiset pistekohtaiset jätevesipäästöt. Hajakuormituksen yleisimmin haittoja aiheuttavat tekijät ovat vesistöjä rehevöittävät typpi ja fosfori. Taulukossa 4. esitetään mahdollisia hajakuormitukseen liittyviä myrkkylähteitä ja niiden merkittävyyttä vesistöjen kannalta.

Taulukko 4. Hajakuormittajien mahdolliset myrkkylähteet, arvio merkittävyydestä vesistöille ja biotestimahdollisuuksista.

Kuormituslähde	Myrkköjen käyttötarkoitus	Esimerkki myrkyistä	Merkittävyys vesistöille	Biotestin mahdollisuus
Haja- yms. asutus	Kotitalouden hygieniä yms.	Klooriyhd., tensidit, liuottimet, raskasmetallit	**	Jätevedestä, kuten yhdyskunnista
Maanviljely	Rikkakasvien, tuhoeläinten ja kasvitautien torjunta	Fenoksihappojohd., org. fosforiyhd.	**	Puhdasaineista ja pienvesistä (ojat tms?)
Metsätalous	Rikkakasvien torjunta	Fenoksihappojohd.	*	Puhdasaineista ja pienvesistä
Liikenne	Poltto- ja voiteluaineet	Hiilivetyjohd., raskasmetallit	**	Hulevesistä (katu- ja tieojista)
Ilmalevintä	Poltton palamisjätteet, torjunta-aineet, haihtuvat yhdisteet Yleensä: liuottimet, polttoaineet yms.	Hapot, raskasmetallit, PAH, hiilivetyjohd., liuottimet	***	Sadevedestä

#### 3.3.3.1 Torjunta-aineet

Torjunta-aineiden käytöstä aiheutuu hajakuormitusta, josta on osoitettavissa vesistöille haitallisia vaikutuksia (mm. kalakuolemia). Suurin valmisteryhmä on maataloudessa käytettävät rikkakasvien torjunta-aineet. Vuonna 1986 kauppavalmisteita oli yhteensä 232 kpl ja ne sisälsivät 135 erilaista tehoainetta. Metsätaloudessa torjunta-aineiden käyttö oli vähäisempää ollen noin 3 % torjunta-aineiden myynnin kokonaismäärästä.

Eri yhteyksissä on käynyt ilmi, että tiedot torjunta-aineiden esiintymisestä ja vaikutuksista vesistöissä ovat vähäisiä. Eräät suppeat kartoitukset ja valvonnalliset selvitykset ovat osoittaneet, että torjunta-aineita joutuu vesistöihin normaalin huuhtoutuman mukana ja huolimattoman käytön seurauksena. Normaalin käytön yhteydessä vesistöön joutuvien torjunta-ainemäärien on arvioitu olevan noin 1 % koko käyttömäärästä.

Vuosina 1985-1986 vesi- ja ympäritöhallituksessa on ollut käynnissä torjunta-aineisiin liittyvä tutkimusprojekti. Tässä yhteydessä on selvitetty niiden myrkyllisyyttä vesieliöille samoin kuin vaikutuksia ja esiintymistä. Torjunta-aineiden vaikutuksiin vesistöissä vaikuttavat eniten huuhtoutuminen, hajoamisnopeus, biologinen kertyminen ja myrkyllisyys. Nykyisin vesieliöt ovat torjunta-aineiden ympäristövaikutusten arvioinnissa yleisesti käytetty eliöryhmä.



Testatuista aineista insektisidit ja fungisidit ovat selvästi myrkyllisempiä kuin herbisidit. Kirjallisuustietojen ja testien perusteella vesistöille vaaralliseksi luotekiltiin 30 torjunta-ainetta sekä vesistölle erittäin vaaralliseksi 23 torjunta-ainetta. Kun otetaan huomioon käyttömäärät suurimman riskin vesistöjen kannalta muodostaa dinosebini, fenitrotonin, malatation, trifluraliinin, dimetootin sekä MCPA:n käyttö. Erittäin suuren myrkyllisyyden vuoksi myös sypermetriinin, diatsinonin ja endosulfaanin käyttö aiheuttaa riskejä. Kun verrataan kokeellisesti satuja LOEC-pitoisuuksia ja vesistöistä mitattuja pitoisuuksia, voidaan todeta, että nämä ovat joissakin tapauksissa melko lähellä toisiaan. Vesistöissä esiintyvät pitoisuudet saattavat siten tiettyjen aineiden kohdalla aiheuttaa haittavaikutuksia.

### 3.3.4 Kaatopaikkojen vesistökuormitus

Suomessa on noin 1 200 kaatopaikkaa, joista noin 750 on toimivaa yleistä kaatopaikkaa. Raja kaatopaikan ja muun tyyppisten jätekertymien välillä ei ole selvä. Yhdyskuntajätteitä sijoitetaan yleisille kaatopaikoille noin 2 milj. m<sup>3</sup>/v, lisäksi niille viedään runsaasti teollisuusjätteitä ja lietteitä. Kaatopaikkojemme perusominaisuudet vaihtelevat ja ne tunnetaan huonosti. Kaatopaikoilla jätteet muuttuvat ja hajoavat, minkä seurauksena ympäristöön leviää erilaisia aineita. Osa näistä siirtyy kaatopaikkakaasuihin ja suotoveteen. Kaatopaikoilta valuu pinta- ja pohjavesiin sekä pinta-valuntavesiä että suotovesiä.

Kaatopaikkojen vesilevintäisistä ainevirroista on tietoa vielä hyvin niukasti. Varsinkin erityislika-aineiden kuormituksen arviointi on vaikeaa. Suotovesille tyypillisiä ovat korkea orgaanisten aineiden pitoisuus, runsas typpi-yhdisteiden määrä ja alhainen fosforipitoisuus. Alkali- ja maa-alkalimetalleja sekä klorideja esiintyy runsaasti. Raskasmetallipitoisuudet ovat yleensä alhaisia lukuunottamatta korkeita rauta- ja sinkkipitoisuuksia. Teollisuusjätteet voivat aiheuttaa metallien ja orgaanisten kemikaalien pitoisuuksien lisääntymistä. Valumavedet ovat yleensä lievästi happamia. Kaatopaikkojen suotovedet saattavat kuitenkin olla varsin myrkyllisiä. Mm. teollisuusjätteiden sijoitusalueista saattaa aiheutua paikallisesti merkittävää toksisten aineiden kuormitusta (Assmuth, 1989).

## 3.4 VESISTÖTUTKIMUKSET

### 3.4.1 Y l e i s t ä

Vesi- ja ympäristöviranomaisen vesitutkimuksissa on myrkyllisiä aineita koskeva tutkimus ollut eräänä painoalana jo 1970-luvun lopulta lähtien. Tavoitteena on ollut mm. vesiensuojelutoimenpiteiden toteuttamisessa tarvittavien tietojen ja menetelmien tuottaminen. Tärkeimpiä hankkeita ovat olleet myrkyllisten aineiden esiintymistä selvittävien seurantojen samoin kuin

myrkyllisyydestietoja kokoavien rekistereiden ja näytepankkien luominen sekä myrkyllisyyden määrittämenetelmien (akuutit ja pitkäaikaisvaikutukset) kehittäminen.

Jätevesien biologisten vaikutusten tutkimusta koskevien suositusten laatimiseksi on osallistuttu pohjoismaiseen (Nordforsk ja INSTA) ja kansainväliseen (OECD ja ISO) yhteistyöhön. Samoin on Itämeriyhteistyöhön liittyvien suomalaisten ja ruotsalaisten toimesta laadittu suositukset metsäteollisuuden velvoitetarkkailujen kehittämiseksi ja yhdenmukaistamiseksi.

Vesi- ja ympäristöviranomaisen vesien tilan seurantaohjelmat sekä vesistöjen velvoitetarkkailu on suunniteltu selvittämään kuitenkin lähinnä veden fysikaalis-kemiallista laatua ja/tai vesien biologiaa eliölajiston ja tuotannon kannalta. Ohjelmia laadittaessa ovat tärkeimpiä näkökohtia olleet mm. happea kuluttavan kuormituksen ongelmat, rehevöityminen ja hygieeniset tekijät. Myrkyvaikutusten tutkiminen ja seuranta ovat järjestä-mättä. Joitakin tietoja myrkyvaikutuksista on saatu vesiensuojelumaksuvaroin tehdyistä tutkimuksista, katselmustoimituksia täydentävistä selvityksistä sekä tiettyihin projekteihin liittyvistä erityisselvityksistä.

#### 3.4.2 S e u r a n n a t

Seurantaverkkojen näytteenottopaikkoja valittaessa on yleensä pyritty välttämään sellaisia välittömän kuormituksen alueita, joilla kuormitus saattaa aiheuttaa eliöstössä huomattavaa pitoisuuksien vaihtelua. Siksi seurannat antavat vain viitteitä alueellisesta kuormituksesta, joskin aineistojen kokonaistarkasteluissa kuormituksen vaikutus saattaa tulla esille.

Ensimmäinen vesien haitallisten aineiden esiintymisen seuranta aloitettiin vuonna 1979. Vuonna 1980 aloitettiin vesien raskasmetallipitoisuuksien seuranta virtahavaintopaikoilla. Haitallisten aineiden seuranta kaloista aloitettiin vuonna 1970 ja sitä laajennettiin 1978.

Tämänhetkisistä seurannoista ainoa, joka saattaa ilmentää kuormituksen vaikutuksia eliöstöön on biologinen seuranta (a-klorofylli, kasviplanktonin perustuotantokyky ja lajisto). Rannikkovesien biologisessa seurannassa inhibitiivisiä (myrky-)vaikutuksia tulee ilmi vain satunnaisesti, koska tässäkin tapauksessa näytteenottopaikat sijaitsevat purkualueiden ulkopuolella.

#### 3.4.3 R e k i s t e r i t j a n ä y t e p a n k i t

Vesi- ja ympäristöhallituksen pakastenäytteistöön on vuodesta 1970 lähtien kerätty noin 1 000 vesinäytettä ja noin 5 000 kalanäytettä. Varsinainen näytepankkitoiminta aloitettiin vuonna 1986. Toiminnan alkuvaiheessa selvitetään vanhojen näytteiden säilymistä sekä erilaisten käsittely-, pakkaus- ja säilytystapojen samoin kuin eri säilytyslämpötilojen vaikutusta näytteiden

säilyvyyteen. Näytepankkiin tullaan keräämään määrävuo-  
sin edustavat näytteet vesistä, pohjasedimenteistä ja  
vesieliöstöstä sekä tallentamaan kaikki seurannoista  
kertynyt materiaali. Näytepankista on mahdollista  
saada näytteitä analyysiin, joilla takautuvasti  
pyritään selvittämään jonkin merkittäväksi todetun  
kuormitustekijän aikaisempaa esiintymistä eliöstössä  
ja vesissä. Tähän mennessä näytteistöstä on tutkittu  
mm. klordaanin ja toksafeenin esiintymistä kaloissa  
1970-luvun alussa.

Haitallisten aineiden esiintymisestä tuotetaan tietoja  
lukuississa tutkimuksissa, seurannoissa ja tarkkailuis-  
sa, minkä vuoksi tarve tietojen keskitettyyn saatavuus-  
teen kasvaa jatkuvasti. Tiedot haitallisten aineiden  
esiintymisestä on talletettu 1972 perustettuun veden-  
laaturekisteriin. Ympäristömyrkkyluokituksen osalta  
resurssien puute rekisterin päivittämiseksi vaikeuttaa  
kuitenkin rekisterin käyttöä.

Lähinnä kemikaalilainsäädännön tarpeisiin sekä valvon-  
nan ja tutkimuksen tarpeisiin on vuoden 1988 aikana  
valmistunut kemikaalien ympäristötietorekisteri.  
Tähän rekisteriin tullaan tallentamaan tietoja kemikaa-  
lien ja tuotteiden fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista,  
käyttäytymisestä luonnossa sekä vaikutuksista  
vesi- ja maaeliöihin, lintuihin ja hyönteisiin.

### 3.3.4 V e l v o i t e t a r k k a i l u t

Vesistöjen tilan tarkkailu vesilain perusteella annet-  
tuina velvoitteina alkoi maassamme 1960-luvulla.  
Nykyisin velvoitetarkkailututkimuksia tehdään kaikkien  
merkittävimpien kuormittajien purkualueilla. Havainto-  
paikkojen määrä oli vuonna 1984 noin 3 500. Vesistö-  
tarkkailuohjelmat on suunniteltu ilmentämään lähinnä  
kuormituksen välittömiä vaikutuksia veden laatuun  
purkualueilla ja niiden lähivesillä.

Vesistötarkkailun lisäksi useimmilla kuormitetuilla  
alueilla tehdään kalatalousviranomaisen valvonnassa  
myös kalataloustarkkailua. Kalataloustarkkailuohjelmat  
ja -raportit ovat kuitenkin vain satunnaisesti vesivi-  
ranomaisen nähtävissä tai käytössä. Tässä yhteydessä  
ei käsitellä kalataloustarkkailua.

Taulukko 5. Arvio haitallisten aineiden esiintymisen ja vaikutusten huomioon  
ottamisesta eräiden keskeisten kuormittajaryhmien vesistötarkkailussa.

Teollisuus	Haitallisten aineiden esiintymisen seuranta vesi/sedimentti/eliöstö			Vesieliöstön lajiston ja määrän seuranta pohjaeläimet, kasviplankton	Vaikutusten seuranta sumputukset kalafysiol. toks.testit
Metsäteollisuus	1	1	1	3-4	1
Metalliteollisuus	4	2-3	2	3-4	1
Kemianteollisuus	3	1-2	1-2	3-4	1
Kaivannaisteol.	4	1	1	2	0
Nahka- ja teks- tiili	3	0-1	0-1	2	0

- 0 = ei ollenkaan  
1 = yksittäisissä tapauksissa  
2 = harvoin  
3 = melko yleisesti  
4 = lähes kattavasti

Taulukko 5. osoittaa, että erityisesti metsäteollisuuden velvoitetarkkailussa on kuormitusalueella tyypillisten haitta-aineiden esiintymisen kartoituksessa vakavia puutteita. Tämä selittyy osittain kemiallisten aineiden analysointivaikeuksilla. Myös muiden teollisuusalojen haitta-aineiden esiintymisen tarkkailussa on puutteita. Analysointi keskittyy yleensä vesinäytteisiin, vaikka monet näistä aineista (esim. raskasmetallit ja orgaaniset klooriyhdisteet) kertyvät sedimentteihin tai biologiseen materiaaliin. Vesistöjen tilaa ilmentävien biologisten muuttujien seuranta on viime vuosina lisääntynyt, mutta ei ole vielä riittävän kattavaa. Velvoitetarkkailuohjelmien suurimmat puutteet ovat vaikutusten seurannassa. Tämä on toistaiseksi rajoittunut joihinkin yksittäistapauksiin.

Kuormituksesta peräisin olevien haitallisten aineiden esiintymistä purkualueilla on tähän mennessä tarkkailtu kattavimmin raskasmetallien osalta. Useimmissa tapauksissa on kuormituksen pääkomponentit voitu todeta purkualueen vedessä, joskin on myös tapauksia, joissa suuretkin päästöt sekoittuvat vesimassoihin niin tehokkaasti, ettei kohonneita pitoisuuksia ole voitu vedestä osoittaa. Kaikilla raskasmetallipäästöjen kuormittamalla vesialueilla on voitu todeta pohjasedimentissä ja -eliöstössä selvästi kohonneita pitoisuuksia.

Biologisin tutkimuksin on voitu osoittaa useimpien suurten metsä-, metalli- ja kemianteollisuuden laitosten purkualueilla mm. levätuotannon estymistä tai häiriöitä pohjaeläintuotannossa tai -lajistossa. Tällaisia muutoksia voidaan pitää merkkeinä myrkkyyvaikutuksista. Sumpputuksin ja luonnoneliökantoja tutkimalla on voitu eräissä tapauksissa osoittaa häiriöitä kalojen mädin tai poikasten kehityksessä ja muutoksia kalojen elintoiminnoissa ja kudossrakenteissa.

#### 3.4.5 V e s i e n s u o j e l u m a k s u i l l a t e h d y t v a i k u t u s t u t k i m u k s e t

Jätevesien haitallisia vaikutuksia on selvitetty tapauskohtaisesti vesiensuojelumaksuvaroin käyttäen akuutteja myrkyllisyystestejä ja kalafysiologisia menetelmiä. Tutkimukset on tehty laboratorioaltistuksina, allaskokeina tehdaslaitosten sisällä, sumputtamalla kaloja kentällä tai luonnonkaloja tutkimalla. Kaikissa tapauksissa on voitu todeta eriasteisia muutoksia mm. kalojen elintoiminnoissa tai kuolevuudessa. Tämä kuvastaa haittavaikutusten olemassaoloa. Tutkimustulokset on julkaistu vesi- ja ympäristöhallituksen moniste- ja tiedotussarjoissa.

Taulukko 6. Teollisuuslaitokset, joiden jätevesien haittavaikutuksia on tutkittu myrkyllisyystestein.

Puunjalostusteollisuus	aika	kohde
Metsäliiton teollisuus Oy Äänekosken tehtaot	1978-79	hauki, särki kirjolohi, (sumputus)
Oy Kaukas Ab Lappeenranta	1976	särki, kirjolohi (sumputus)
Enso-Gutzeit Oy, Varkauden tehtaot	1989-81	bakteeri, levä-, kala- ja pohjaeläin- testit
Kajaani Oy, Kajaani	1980, 1981,	levä- ja bakteeri- kirjolohi sumputuksia
Oy Wilh Schauman Pietarsaari	1979	kirjolahitestejä
Tervakoski Oy, Tervakoski	1985, 1986	kirjolahisumputuksia ja seeprakalan mäti/poi- kastestejä
Enso Gutzeit Oy, Pankakoski, Lieksa	1986	kirjolahisumputuksia ja vesikirpputestejä
Metallituote- ja kaivannaisteollisuus		
Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas	1979-81	levä-, bakteeri- ja kalatestit
Rautaruukki Oy Mustavaaran kaivos	1979	kirjolahisumputus
Rautaruukki Oy Otanmäen kaivos	1980	siikatutkimus
Outokumpu Oy Kokkolan tehtaot	1980-84- 85	meritaimensumputus ja ahventutkimukset
Kemian ja petrokemian teollisuus		
Oulu Oy Lateksitehdas	1979	kirjolahialtistus
Neste Oy Sköldvikin tehtaot	1983	kirjolahisumputus ja vesikirpputestit

### 3.4.6 Yhdyskuntien viemäriveresien myrkyllisyys

Edellä mainitussa yhdyskuntien viemäriveresien erityislika-aineprojektissa tutkittiin vuonna 1984 kahden yhdyskunnan viemäriveresien välitöntä vaikutusta levä- ja bakteeritestein. Kuudesta näytteenottokerrasta yhdessä todettiin selvä inhibitiovaikutus sekä tulevas- sa että lähtevässä viemäriveredessä. Muulloin suuret jätevesipitoisuudet inhiboivat lievästi levien kasvua, mutta vaikutus peittyi osittain voimakkaan ravinnevai- kutuksen alle. Mitään yksittäistä yhdistettä ei voitu osoittaa inhibition aiheuttajaksi.

Viidessä yhdyskuntaviemäristössä tutkittiin seeprakalan mäti-poikas- ja vesikirpputestein vuosien 1985-87 vesinäytteitä. Vesikirpputesti antoi hyvin suurpiirtei- sen kuvan viemäriveresien myrkyllisyydestä. Seeprakala- testi oli huomattavasti herkempi.

Ainoastaan yksi puhdistamo viidestä toimi siten, että kaikissa lähtevissä jätevesipitoisuuksissa poikaset kuoriutuivat ja selviytyivät suhteellisen hyvin. Muissa laitoksissa lähtevä 100% jätevesi oli edelleen erittäin myrkyllistä mädälle ja kuoriutuneille poikasil- le. Joissakin tapauksissa vielä 60% jätevesi oli myrkyllistä. Yhden puhdistamon lähtevä jätevesi oli jopa myrkyllisempää kuin tuleva vesi.

Ainakin raskasmetalleilla, detergenteillä ja ilmeisesti ammoniumilla oletettiin olleen osuutta todettuihin kalavaurioihin.

### 3.4.7 Kaatopaikkavesien myrkyllisyyden tutkiminen

Vesi- ja ympäristöhallituksessa on vuosina 1986-1989 ollut käynnissä riskikaatopaikkatutkimus, jonka tavoit- teena on kaatopaikkojen ympäristövaikutusten ym. ominaisuuksien monipuolinen tutkimus ja siihen liittyvä riskinarviointi. Suotovesien myrkyllisyyden tutkiminen oli osa tätä projektia. Tutkimuksessa selvitettiin kaatopaikkavesien akuuttia toksisuutta sekä toksisuuden ja muiden vedenlaatutekijöiden suhdetta.

Vuonna 1986 tutkittiin 35 ja vuonna 1987 28 kaatopaik- kaveden myrkyllisyyttä vesikirpputesteillä. 355:stä näytteestä 34 % osoittautui vähintään lievästi myrkylliseksi. Myrkyllisiä näytteitä löytyi useimmilta kaatopaikoilta. Suotovesien akuutin toksisuuden ja muiden vedenlaatumuuttujien välisistä korrelaatioista voimakkaimmat olivat seuraavilla muuttujilla: sähkön- johtavuus, COD, kokonaiskovuus, booripitoisuus ja ammoniumtyppipitoisuus. Vesikirpputestin todettiin soveltuvan hyvin kaatopaikkavesien biologisten vaiku- tusten tutkimiseen.

#### 3.4.8 Yhteenveto

Nykyisin ei veden kemiallisen laadun eikä haitallisten aineiden esiintymisen seuranta voida pitää riittävinä selvitetessä kemikaali- ja jätevesikuormitusta sekä kuormituksen vaikutuksia vesiluontoon. Vesiympäristö tulee nähdä kokonaisuutena, jossa kuormitus aiheuttaa muutoksia veden laadussa vaikuttaen samalla koko vesiekosysteemiin. Nämä vaikutukset ovat osoitettavissa biologisilla testimenetelmillä ja kenttätutkimuksilla. Tiedonhankinnassa on ollut jo pitkään mahdollisuus käyttää hyväksi valmiiksi kehitettyjä ja käytännössä kokeiltuja standardimenetelmiä ja tutkimussuosituksia. Vesistötutkimukset tulee tehdä laajempina yhtenäisinä kokonaisuuksina suuntaamalla ne entistä painokkaammin vaikutusten osoittamiseen. Pyrkimyksenä on löytää yhteys veden laadun ja vesistövaikutuksen sekä toisaalta päästöjen (kuormituksen) ja kemikaalien käytön välille. Tällä tavoin saadaan tietoa haitallisesta kuormituksesta ja sen merkityksestä. Haitallisuuden ja riskinarviointityö on kuitenkin varsin monipuolista ja vaativaa, minkä vuoksi tiedonkulkua ja yhteistyötä viranomaisien, teollisuuden ja tutkimuslaitosten kesken pidetään tärkeänä. Biologiset testimenetelmät ja kenttätutkimukset ovat olennainen osa kemikaalien käyttöön ja jätevesipäästöihin liittyvää päätöksentekoa.

## Liite 1.

## LUETTELO BIOLOGISISTA TESTIMENETELMISTÄ

## Suomalaiset myrkyllisyystestistandardit

SFS 3035:Sv den 31.12.1984	Vesitutkimukset. Kemiallisten aineiden akuutin myrkyllisyyden määrittäminen makean veden kalalla. Semistaattinen menetelmä.
SFS 5062 31.12.1984	Vesitutkimukset. Akuutinmyrkyllisyyden määrittäminen Daphnia magna Straus vesikirpulla.
SFS 5072 24.3.1986	Vesitutkimukset. Myrkyllisyystesti leväpuhdasviljelmällä.
SFS 5073 24.3.1986	Vesitutkimukset. Akuutin myrkyllisyyden määrittäminen kirjolohella, Salmo gairdneri Richardson, Teleostei, Salmonidae, Staattinen ja semistaattinen menetelmä.
VHB-6 (SFS-5078) valmisteilla	Vesitutkimukset. Aktiivilietteenmikrobien hapen kulutuksen estyminen. Lyhyt altistusaika-happielektrodi-menetelmä.
VHB-7 (SFS-5079) valmisteilla	Vesitutkimukset. Myrkyllisyys- ja sopeutumistesti heterotrofisilla mikro-organismeilla - orgaanisen aineen aerobinen hajotus vedessä.
Valmisteilla	Vesitutkimukset. Kroonisen myrkyllisyyden määrittäminen seeprakalan (Brachydanio rerio, Hamilton Buchanan) mätä/poikastestillä.

## Kalojen pitkäaikaistestaus.

Vesihallituksen monistesarja 1982:98, Vesihallinnossa käytettävät kalojen kliiniset-kemialliset ja histologiset analyysimenetelmät.

## ISO-standardit

1.12.1984	Water quality - Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish (Brachydanio rerio, Hamilton Buchanan (Teleostei, Cyprinidae) - Part 1: Static method
ISO 7346/1	- Part 2: Semistatic method
7346/2	- Part 3: Flow-through method
ISO 7346/3	
ISO 6341	Water quality - Determination of the of oxygen consumption by activated sludge.



ISO 8192	Water quality - Test for inhibition of the mobility of <i>Daphnia magna</i> Straus (Cladocera Crustacea)
Valmisteilla ISO/DIS 8692	Water quality - Algal growth inhibition test.
Valmisteilla ISO/DP 9506	Water quality - Method for assessing the inhibition of nitrification of activated sludge micro-organisms by chemicals and waste water.
Valmisteilla ISO/N76	Water quality - Prolonged toxicity study with <i>Daphnia magna</i> : effects on reproduction.
Valmisteilla ISO/N76	Water quality - Determination of the prolonged toxicity of substances to freshwater fish - Part 1: Method for evaluating the effects of substances on the growth rate of <i>Salmo gairdneri</i> Richardson (Teleostei, Salminidae).
Valmisteilla ISO/N98	Water quality - Marine algal inhibition test.
INSTA-standardit	
SS 02 81 EY	Vattenundersökningar. Bestämning av akut toxicitet för embryoner och yngel av sötvattenfisk - Semistatik method.
SS 02 81 89	Vattenundersökningar. Bestämning av akut toxicitet av kemiska produkter och avloppsvatten för saltvattenfisk. I Semistatik metod med storspigg II Metod i rinnande vatten med forsk.
F 4794	Vannundersøkelse. Hemming av aktivslam-organismers oksygenopptak. Akut hemming. Oksygenelektrode.
F 4795	Vannundersøkelse. Hemming og adaptasjon ved aerob nedbryting av organisk stoff. Reespirometrisk metode.
OECD:n menetelmäsuositukset	
OECD Guidelines for testing of chemicals. OECD:n menetelmäsuositukset vuodelta 1981.	
201	Alga, Growth Inhibition Test <i>Daphnia</i> sp., 14-day Reproduction Test (including an acute immobilisation test.)
203	Fish, Acute Toxicity Test

Kertyvyys:

305 A	Sequential Static Fish Test
305 B	Semi-static Fish Test
305C	Degree of Bioconcentration in Fish
305D	Static Fish Test
305E	Flow-Through Fish Test

Hajoavuus:

301A-301E	Ready Biodegradability (välitön hajoavuus)
302A-302C	Inherent Biodegradability (sisäinen hajoavuus)
303A	Simulation Test - Aerobic Sewage Treatment: Coupled units test
304	Inherent Biodegradability in soil

## Liite 2.

Suositus tarkkailuohjelmien yhdenmukaistamisesta metsäteollisuuden osalta. (suomalais-ruotsalainen yhteistyö)

## VESISTÖTARKKAILU

1. Fysikaalis-kemialliset tutkimukset  
Ovat riippuvaisia jätevedestä ja vastaanottavasta vesistöstä. Näytteenoton tulee tapahtua riittävän usein (12 kertaa/vuosi tai useammin).  
Esimerkkejä suureista massa- ja paperiteollisuuden osalta
  - lämpötila
  - näkösyvyys
  - johtokyky
  - pH
  - alkaliniteetti
  - rikkivety/ $O_2$
  - kokonaishiili
  - COD
  - väri
  - kiintoaine
  - sameus
  - kokonaistyyppi
  - kokonaisfosfori
  - a-klorofylli
2. Pohjaeläintutkimukset  
Nämä ovat merkittäviä mm. puunjalostusteollisuuden resipienteissä. Tarkoituksena on kartoittaa pitkän aikavälin kehitystä sekä vaikutusalueen laajuutta.
  - yksittäiset ryhmät
  - ryhmien lukumäärä
  - runsaus
  - biomassa
3. Sedimenttitutkimukset  
Tavoitteena on kartoittaa sedimentin kontaminaatioastetta sekä päästöjen vaikutusalueita. Nämä liittyvät yleensä pohjaeläintutkimuksiin.
  - sedimentin rakenne
  - vesipitoisuus
  - orgaanisen materiaalin pitoisuus
  - kokonaistyyppi
  - EOCL
  - muita teollisuudelle tyypillisiä yhdisteitä
4. Levätutkimukset  
Levä- ja planktontutkimuksilla kartoitetaan yleensä rehevöitymistä. Levätutkimuksia voidaan käyttää myös osoittamaan pitkän aikavälin muutoksia valaistusoloissa tai sameus- ja näkösyvyystutkimusten sijasta.

5. **Orgaaniset klooriyhdisteet biologisessa materiaaalissa**  
 Kertyvät ja pysyvät kemialliset yhdisteet ovat nousseet mielenkiinnon kohteiksi keskusteltaessa metsäteollisuuden vaikutuksista. Orgaanisten klooriyhdisteiden esiintymistä, leviämistä, käyttäytymistä ja vaikutuksia vesistössä tulee selvittää. Näiden yhdisteiden esiintymistä tulee seurata myös sedimentissä ja biologisessa materiaaalissa. Samoin orgaanisten klooriyhdisteiden määrittämisen tulee koskea myös biologisia tutkimuksia (pohjaeläimet ja kalat). Vuoteen 1990 mennessä tulee tehdä esitys, mitkä analyysit ja organismit ovat sopivia vesistötarkkailuun.

6. **Kalatutkimukset**  
 Kalatutkimusten tarkoituksena on seurata ja osoittaa muutoksia kalakannoissa laji- ja yksilötasolla. Kalakantojen vuodenaikaisvaihteluiden ollessa suuria tulee populaatiotasolla tapahtuvia muutoksia seurata vuosittain. Yksilötasolla sen sijaan voidaan muutoksia seurata harvemmin esim. 1 kerran/3-5 vuodessa, 3-4 näytteenottoasemalla käyttäen koekaloina ahvenia tai jotain muuta paikallista kalalajia.

#### **Populaatiotaso**

##### **Kalataloustarkkailu**

- aikuisten kalojen tiheys
- poikastiheys
- ikäjakauma
- kasvu
- kutukypsyys
- 
- saalistilasto

#### **Yksilötaso**

##### **kalafysiologia**

- gonadien paino/ruumiin paino
- epämuodostumat
- selkärankavauriot
- sairaudet
- valkoisten verisolujen kuva
- maksan MFO-entsyymit
- maksan ja lihaksen glykogeenipitoisuus
- plasman epäorgaaniset ionit (Na, K, Ca, Mg ja Cl)
- orgaaniset klooriyhdisteet kaloissa

## JÄTEVESIEN KEMIALLISTIS-BIOLOGINEN TARKKAILU

Seuraavien tarkkailutulosten perusteella päätetään tarvitaanko lisää kemiallisia tai/ja biologisia tutkimuksia.

1. Kemiallinen tarkkailu
  - COD
  - BOD<sub>7</sub>
  - TOC
  - kok-P
  - kok-N
  - pH
  - kiintoaine
  - johtokyky
  - TOCl, AOX
  - dioksiinit ja muut erityismyrkylliset aineet
  - rasvaliukoiset yhdisteet (TLC); kerääntymistesti
2. Hajoavuus
3. Biologinen tarkkailu
  - Microtox-testi (EC50) = bakteeritesti, joka osoittaa akuuttia myrkyllisyyttä. Toistaiseksi sitä ei ole kokeiltu Suomessa.
  - Kalat 96 h LC50
  - äyriäiset 48-96h LC50 (Daphnia, Nitocra)
  - levät 3-5 vrk EC50
  - korkeammat kasvit 3-5 vrk EC50
  - kalat seeprakalan mäti/poikastesti

Näiden testien perusteella valitaan herkimvät biologiset testit säännölliseen kuormitustarkkailuun. Menetelmien tulee kuitenkin olla mahdollisimman yksinkertaisia ja halpoja.

## KÄSITTEISTÖ

- akuutti toksisuus: lyhyen ajan kuluessa koe-eliöille aiheutuneet huomattavat haittavai-  
kutukset. Kokeellinen altistus aika  
yleensä korkeintaan neljä vuorokaut-  
ta.
- EC50 pitoisuus, jossa puolella koe-eliöis-  
tä ilmenee koeaikana jokin erikseen  
määriteltävä myrkkyyvaikutus (Effective  
concentration).
- EIFAC: Euroopan sisävesikalastuskomissio
- ekosysteemi: tietyn alueen elottoman ja elollisen  
luonnon muodostama toiminnallinen  
kokonaisuus
- genotoksisuus: mutageeninen tai karsinogeeninen  
toksisuus
- fotosynteesi: tapahtuma, jossa vihreät kasvit  
sitovat auringon energiaa hiilidiok-  
sidista ja vedestä valmistamiinsa  
orgaanisiin yhdisteisiin
- herbisidi: kasvien tappamiseen käytettävä  
valmiste
- INSTA: Pohjoismaiden standardisoimista  
käsittelevä yhteistyöelin (Internor-  
disk Standard Organisation)
- ISO: Kansainvälinen standardisoimisjärjes-  
tö (International Standard Organis-  
ation)
- karsinogeenisuus: eliössä syöpää synnyttävän aineen  
ominaisuus
- klorofylli: lehtivihreä
- kromosomi: solun tuntumassa oleva tavallisesti  
nauhamainen osa, jossa perintötekijät  
sijaitsevat
- krooninen toksisuus: myrkkyyvaikutus, joka  
a) on seurauksena altistuksesta,  
joka kestää elion keskimääräisestä  
elinajasta suuren osan tai sen  
kokonaan  
b) ilmenee vasta pitkän ajan kuluttua  
myrkkyyaltistuksen jälkeen

- LC50: pitoisuus, jossa puolet koe-eliöistä kuolee koeaikana (yleensä 24-96 t). Kemikaalitutkimuksissa tulositilmoitetaan tavallisesti mg/l ja jätevesitutkimuksissa prosentteina (lethal concentration)
- letaali: tappava
- LOEC: pienin pitoisuus, jossa koe-eliöissä havaitaan muutos tutkitussa suureessa (lowest observed effect concentration)
- mutageenisuus: aineen geneettisen aineksen muutoksen aiheuttava ominaisuus
- NOEC: pitoisuus, jossa koe-eliöissä ei ole havaittu muutosta tutkitussa suureessa (no observed effect concentration).
- OECD: Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (Organization for Economic Cooperation and Development)
- organismi: eliö
- SFS: Suomen Standardisoimisliitto
- subletaali: melkein tappava
- toksikologia: tiede, joka käsittelee kemikaalien biologisesti haitallisia ominaisuuksia.
- toksinen: myrkyllinen
- KIU: Naturvårdsverketin projekti: Karakterisering av industriella avloppsvatten. 1982.
- ESTHER: Ruotsalainen projekti kemikaalien ympäristövaarallisuudesta. Systems for Testing and Aquatic Environment. 1987.
- EEC: European Economic Commission = EY, Euroopan talousyhteisö
- TU: Toxicity unit eli toksisuusyksikkö
- TER: Toxicity emission rate eli toksisuuskuorma
- TEF: Toxicity emission factor eli toksisuuskerroin
- inhibitio: estyminen
- fysiologia: eliöiden elintoimintojen tutkimus
- histologia: eliöiden kudusrakenteiden tutkimus

## KIRJALLISUUS

- Andersson, J. ja Landner, L., 1987. Test och bedömning av kemiska ämnens miljöfarlighet "ESTHER". Naturvårdsverket, Rapport 3375, ss. 1-44.
- ASTM, Annual Book of Standards, 1987. Water and Environmental Technology, Pesticides; Resource Recovery; Hazardous Substances and Oil Spill Responses; Waste Disposal; Biological Effects. Vol. 11.04, 1-1104.
- Ecetoc, 1984, The sixth amendment: A guide to risk evaluation for effects on the environment. Technical Report no 13, ss. 1-31.
- EPA, 1985. Technical Support Document for Water Qualitybased Toxics Control, Office of Water, Washington, D.C., ss. 1-74.
- Landner, Lars, 1987, Kemiska ämnens miljöfarlighet, Manual för inledande bedömning. Naturvårdsverket, Rapport 3243, ss. 1-100.
- Lindén, Olle., 1981. Karakterisering av industriella avloppsvatten, Naturvårdsverket, Rapport 1450, ss. 1-63.
- Nikunen, Esa ja Veijo Miettinen, 1985. Daphnia magna as an indicator of the Acute Toxicity of Waste Waters., Bull. Environ. Contam. Toxicol. 35:368-374.
- Nikunen, E. ym., 1986. Kemikaalien myrkyllisyys vesieliöille. Ympäristöministeriö, Ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu D:15, ss. 1-348.
- Nordfors, 1982. Ekotoksikologiset menetelmät vesitutkimuksissa. Osa 1. Hallinnollinen arviointi. Miljövårdsserien, Publikation 1982:1A, ss. 1-23.
- OECD, Proceedings of the international seminar on the use of biological tests for water pollution assessment and control. 1986. ISPRA Research centre, Italy. ss. 1-101.
- OECD, Environment Monographs no. 11, 1987. The use of biological tests for water pollution assessment and control. ss. 1-70.
- Penttilä, Sirpa, Timo Assmuth ja Pertti Järvelä, 1988. Daphnia-vesikirpputestikaatopaikkavesien myrkyllisyyden tutkimisessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 134 ss. 29.



Rekolainen, Seppo, 1986. Torjunta-aineiden myrkyllisyys vesieliöille. Vesihallituksen monistesarja no 435, ss. 1-40.

Södergren, A., ym. 1988. Environment/Cellulose II, Biological effects of water discharges by the forest industry. Research programme. National Environmental Protection Board, Report 3430, ss. 1-49.

Vesihallituksen monistesarja 1983:189. Ympäristölle vaaralliset aineet. Vesiensuojelun tavoiteohjelman projektin osaraportti nro 3, ss. 1-125.

Vesihallituksen monistesarja 1982:147. Teollisuuden vesiensuojelun nykytila. Vesiensuojelun tavoiteohjelman projektin osaraportti nro 2, ss. 1-71.

Vesihallitus, 1983. Tiedotus no 224, Teollisuuden vesitilasto 1979-1980. ss. 1-71.

Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja no 28,, Water pollution problems of pulp and paper industries in Finland and and Sweden. Committee for the Gulf of Bothnia, Report of the special working group. 1987, ss. 1-122.

Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja no 106, 1988. Harmonizing of the local monitoring programmes in waters receiving effluents from the pulp and paper industry, co-operation between Sweden and Finland, Committee for the Gulf of Bothnia, Report of the special working group. 1-14.

Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja no 109, 1988. Water pollution problems in the Finnish and Swedish pulp and paper industries. Harmonization of effluent monitoring in the pulp and paper industry. 1-13.



